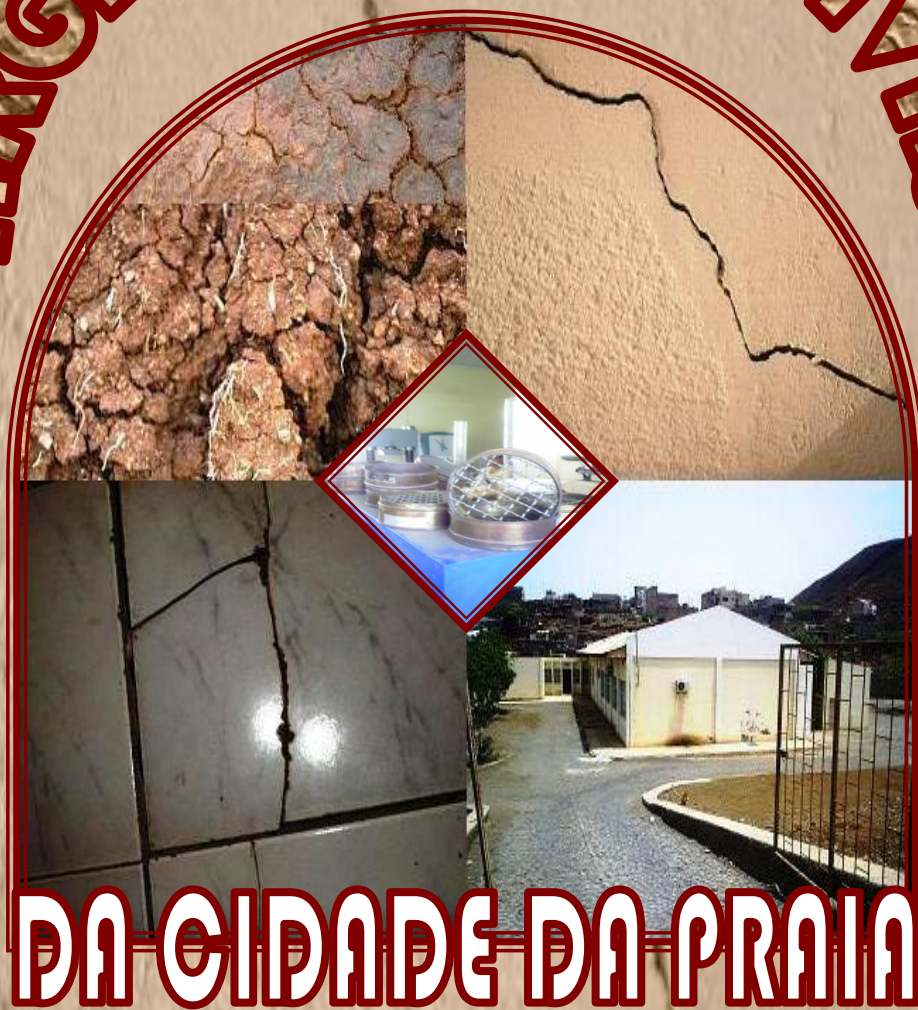


BILA DE JESUS SEQUEIRA FERREIRA SANTOS

# ARGILAS EXPANSIVAS



# DA CIDADE DA PRAIA

**LICENCIATURA EM GEOLOGIA - RAMO CIENTÍFICO**

**DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**

SETEMBRO 2006

**BILA DE JESUS SEQUEIRA FERREIRA SANTOS**

**ARGILAS EXPANSIVAS DA CIDADE DA PRAIA**

**LICENCIATURA EM GEOLOGIA**

**ISE – 2006**

**BILA DE JESUS SEQUEIRA FERREIRA SANTOS**

**ARGILAS EXPANSIVAS DA CIDADE DA PRAIA**

**Trabalho científico apresentado ao Instituto Superior de Educação para obtenção do grau de Licenciatura em Geologia, sob a orientação do Engenheiro Inocêncio Miguel José de Barros.**

**BILA DE JESUS SEQUEIRA FERREIRA SANTOS**

**ARGILAS EXPANSIVAS DA CIDADE DA PRAIA**

**Trabalho científico apresentado ao Instituto Superior de Educação, aprovado pelos membros do júri e homologado pelo Concelho científico, como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciatura em Geologia.**

**O Júri**

---

---

---

**Praia aos \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2006**

## **DEDICATÓRIA**

*São especiais as pessoas a quem dedico este pretensioso trabalho, fruto do meu esforço em particular e dos outros como base sustentável para a realização do mesmo. É com profundo prazer e espírito de gratidão que as felicito pelo carinho, amor, dedicação e espírito de ajuda para que tal trabalho se efectuasse. São elas:*

Antecipadamente ao criador onnipotente, redentor e detentor de toda vida, **Deus** nosso **Senhor**.

À minha honrosa, querida e sempre amada mãe, **Catarina Gomes Sequeira**, porque soube ser mãe e pai ao mesmo tempo para comigo e pelo seu amor eterno e sincero ao longo de toda a minha vida.

À minha irmã querida **Neusa Helena Gomes Ferreira Santos**, pelos apoios diversos e todo o suporte, que sem os quais não seria possível, a esse patamar chegar.

Aos meus filhos: **Luís Bila** e **Hércules Bila** que ao nascerem mudaram completamente a minha vida, fazendo-me crescer e tornar-me mais maduro e responsável, com um olhar diferente do mundo e da vida.

À todos os meus **familiares, amigos e conhecidos** que sempre estiveram ao meu lado principalmente nos momentos mais difíceis, incentivando – me nesta caminhada.

À todos que duma forma ou doutra contribuíram directa ou indirectamente para que toda essa caminhada fosse realidade.

## **AGRADECIMENTO**

Reservo esta página para agradecer as pessoas que, sem as quais tal não seria possível a realização deste trabalho.

O presente trabalho que ora se apresenta teve a colaboração directa e/ou indirecta das seguintes pessoas:

Primeiramente ao meu orientador, **Engenheiro Inocêncio M. J. de Barros**, pelo contributo prestado, tempo disponibilizado e pela excelente orientação e coordenação dos trabalhos.

Ao **Dr. Alberto da Mota Gomes**, pela excelente orientação, apoio moral e instrução que me disponibilizou durante os quatro anos de intenso trabalho.

À **Dra. Sónia Silva Vitória**, pelo serviço prestado como coordenadora do curso de Geologia, dando o seu máximo, resolvendo os problemas para o sucesso do mesmo.

Ao Presidente do Laboratório de Engenharia Civil, na pessoa do Senhor **Engenheiro António A. Gonçalves**, que sempre se preocupou comigo e me deu força.

Aos técnicos, do Laboratório de Engenharia Civil de Cabo Verde, **Diamantino Lopes** e **Conceição fortes**, pelo apoio incondicional ao longo dos tempos que estive a trabalhar com eles como estagiário.

À **todos os professores**, quer da instrução primária e liceal, quer dos quatro anos do curso, que estiveram a labutar comigo, dando os seus contributos e transmitindo experiências e conhecimentos, indispensáveis à nossa vida vindoura

Aos **meus colegas** que ao longo dessa caminhada sempre estivemos juntos, mostrando o espírito de amizade e camaradagem, nomeadamente: **Anabela Varela, Arlindo Furtado, Celestino Afonso, Daniel Gonçalves, Jeremias Cabral, Mário Adérito Moniz e Sandra Helena Moniz**, pela amizade e acompanhamento ao longo desse percurso.

	<b>ÍNDICE GERAL</b>	
--	---------------------	--

<b>PARTE INTRODUTÓRIA .....</b>	<b>8</b>
<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
Objectivo do estudo .....	8
Objectivo específico .....	8
Justificativa do tema .....	10
 <b>CAPÍTULO I – ENQUADRAMENTO DA ILHA DE SANTIAGO.....</b>	 <b>11</b>
1.1 Localização geográfica .....	11
1.2 Aspectos Climatológicos .....	12
1.3 Aspectos Geomorfológicos .....	15
1.4 Aspectos geológicos .....	17
1.4.1 Sequência estratigráfica .....	18
1.5 Aspectos Hidrogeológicos .....	20
1.5.1 Unidades Hidrogeológicas .....	23
 <b>CAPÍTULO II – ENQUADRAMENTO DE DA CIDADE DA PRAIA .....</b>	 <b>25</b>
2.1 Caracterização geral da cidade da Praia .....	25
2.2 Situação geográfica .....	26
2.3 Aspectos climáticos .....	26
2.4 Aspectos geomorfológicos .....	27
2.5 Aspectos geológicos .....	27
2.5.1 Sequência vulcano-estratigráfico .....	27
 <b>CAPÍTULO III – CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS SOLOS .....</b>	 <b>30</b>
3.1 Considerações sobre a utilização dos solos para construção civil .....	30
3.2 O que são solos? .....	32
3.3 Classificação dos solos segundo alguns países .....	32
3.3.1 Classificação Brasileira .....	32
3.3.2 Classificação Francesa .....	33
3.3.3 Classificação da FAO/UNESCO (1968) .....	34
3.3.4 A classificação Portuguesa	
3.3.5 Os solos de Santiago segundo Faria F. Xavier em «Os solos de Santiago» .....	35
3.3.6 Correlação de classificação de solos .....	36
3.4 Caracterização dos solos de Santiago segundo a FAO/ UNESCO (1968) tomando como base «Os solos de Santiago» de Faria .....	37
 <b>CAPÍTULO IV – ARGILAS EXPANSIVAS DA CIDADE DA PRAIA .....</b>	 <b>41</b>
4.1 Argilas o que são? .....	42
4.2 Os minerais de argila (sua génese).....	42
4.3 Hipóteses das suas génese.....	43
4.4 Argilas expansivas sua definição .....	43

4.5 Porquê as argilas expandem? .....	43
4.6 Classificação das argilas .....	44
4.7 Suas utilizações .....	44

## **CAPÍTULO V – DESCRIÇÃO E COMENTÁRIOS DOS TRABALHOS DE CAMPO E DOS ENSAIOS LABORATORIAIS. .... 45**

5.1 Comentários dos trabalhos de campo.....	47
5.2 Descrição e realização dos ensaios .....	47
5.2.1 Ensaio in situ .....	47
5.2.2 Avaliação quantitativa do terreno. ....	48
5.3 Ensaios laboratoriais. ....	49
5.3.1 Ensaios granulométrica .....	49
5.3.2 Sedimentação. ....	49
5.3.3 Limites de consistência. ....	50
5.3.4 Peso específico dos grãos. ....	50
5.3.5 Expansibilidade do solo .....	50

## **CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES E RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS NOS TERRENOS PARA IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS DAS DIFERENTES ZONAS DA CIDADE DA PRAIA..... 51**

6 - Considerações sobre o meio físico da cidade da Praia. ....	52
6.1 - Morfologia .....	52
6.1.2 Geologia e litologia .....	52
6.2. Locais onde foram realizados os estudo .....	55
6.2.1 - Achada grande Frente. ....	55
6.2.2 Calabaceira .....	55
6.2.3 Achada Santo António .....	56
6.2.4 Achadinha .....	56
6.2.5 Plateau .....	56
6.2.6 Achada São Filipe .....	56

7 - Importância do estudo dos solos expansivos (argilas) para obras de Engenharia Civil.....	57
--	----

8 – As áreas onde as argilas expansivas podem ser encontrados na Cidade da Praia .....	57
9 – Os riscos e vulnerabilidade que as argilas expansivas apresentam na Cidade da Praia. ....	58
10 – As principais zonas de riscos e/ou de vulnerabilidade da Cidade da Praia. ....	58
11 – Os prejuízos que as argilas expansivas podem causar nas construções civis. ....	58
12. Medidas preventivas a serem tomadas em relação á expansibilidade das argilas com vista a melhoraria na qualidade e segurança, das obras... ..	59
13. Legislação sobre solos. ....	60
CONCLUSÃO. ....	61
RECOMENDAÇÕES. ....	63
BIBLIOGRAFIA. ....	65



## **PARTE INTRODUTÓRIA**

### **1 – INTRODUÇÃO**

A Pedologia, ciência que se ocupa da cartografia, génese e classificação dos solos, naturalmente tem amplas relações com os ramos da ciência cujos domínios interferem na formação dos solos.

O solo, como corpo natural, está dependente dos seus factores formativos, uns activos, como clima e os organismos vivos, plantas e animais, e outros passivos, os materiais originários e a topografia, sujeitos ao tempo, que é importante factor da formação dos solos.

A generalidade deste estudo, aponta logo para dificuldade do seu tratamento sistemático. Por um lado este tema, faz parte da moderna técnica de construção civil, por outro lado, porque a nova filosofia de engenharia civil, tem dado muita atenção à intervenção de todos os sectores que de uma forma ou de outra tendem a unificar critérios e lançar bases para a aceitação deste método de análise de construção.

Existe, como é evidente, exigências comuns a todos os trabalhos da construção civil destinados aos mais variados fins; as de segurança, por exemplo, fazem parte das preocupações constantes dos engenheiros, arquitectos sem sequer esquecer outras não menos importantes.

A ocupação de uma área pelo homem deve ser precedida do estudo prévio do solo. Os solos destinados a construção necessitam igualmente desta pesquisa de forma a estruturar melhor as nossas exigências funcionais, principalmente no respeitante à economia de utilização e organização do espaço físico, na busca de uma paisagem mais propícia às actividades e necessidades humanas.

De ordenamento por imperativos de ordem demográfica deve contemplar de forma diferente as diferentes alternativas possíveis no uso do solo, analisando e seleccionando não só as necessidades de ordem urbanística, agronómica como também, florestal, recreativa ou algum tipo de combinação destas varias alternativas.

Para a elaboração deste trabalho e com vista a um melhor planeamento e organização dos mesmos e satisfazer os objectivos traçados, procedeu-se da seguinte forma:

### **Objectivo do estudo**

Este estudo objectiva – se, alertar as autoridades competentes, a quem de direito e a população em geral da importância do conhecimento dos solos, dando-lhes informações seguras e credíveis da expansibilidade dos mesmos na Cidade da Praia.

### **Objectivos específicos**

Definir e explicar o que são solos? Quais são as suas características? No âmbito da geologia como se classificam?

Explicar que os motivos do elevado número de fissuras nas paredes e nas pavimentações são devido a falta de estudos prévios dos solos;

Mostrar que a falta de conhecimentos está na origem da não preocupação com esta questão de grande importância (solos);

Enumerar quais os impactes e ou consequenciais as argilas expansivas podem causar numa obra, região ou uma cidade como a nossa sem um estudo prévio

Debruçar-se sobre as argilas como solos que são, dentro das rochas sedimentares, como se comportam? Onde se encontram; e averiguar o seu impacte na construção civil e outros.

Identificar as zonas de riscos;

Avaliar os prejuízos que podem causar nas construções civis e outros;

Enumerar um leque de medidas a serem tomadas em relação a expansibilidade como forma a dar mais segurança às construções desta Cidade;

Sugerir um conjunto de medidas com vista a melhoraria na qualidade, segurança, das obras.

### **Justificativa do tema**

O trabalho ora apresentado objectiva – se a um trabalho de natureza investigativa, realçando bases científicas dentro da geologia.

A cidade da Praia está no seu auge de desenvolvimento, desta forma as mudanças são evidentes, sendo assim as novas exigências da Capital em vários níveis tem suscitado a demanda dos Praienses.

Uma das áreas mais solicitadas é a da construção civil tendo em conta o elevado crescimento demográfico desta Cidade.

Por isso torna-se imprescindível o conhecimento do local onde se pretende construir, a sua geologia, geomorfologia, fundação, pedologia mais concreta mente o seu solo e consequentemente a expansibilidade das argilas.

Deste modo, é de extrema importância o conhecimento, a localização, a identificação, o comportamento destas argilas para assim desenvolver um estudo aprofundado por forma a evitar e ou minimizar os prejuízos, constrangimentos e danos que podem causar numa região ou numa obra.

Eis as razões pelas quais o pertinente tema foi escolhido, mas não só como também porque até ainda pouco se fez relativamente a esta área que é de uma importância extrema para uma cidade em crescimento como a nossa.

Crê-se que com este trabalho dar-se á um contributo singelo no que tange ao desenvolvimento desta cidade, não obstante a investigação científica em Cabo Verde será a mais beneficiada.

## CAPÍTULO I

### 1 - ENQUADRAMENTO DA ILHA DE SANTIAGO

#### 1.1 - Localização Geográfica

A Ilha de Santiago situa-se a Sul do Arquipélago de Cabo Verde, integrada no grupo das Ilhas de Sotavento, entre os paralelos 15° 20' e 14° 50' de latitude Norte e os meridianos 23° 50' e 23° 20' de longitude Oeste do meridiano de Greenwich.

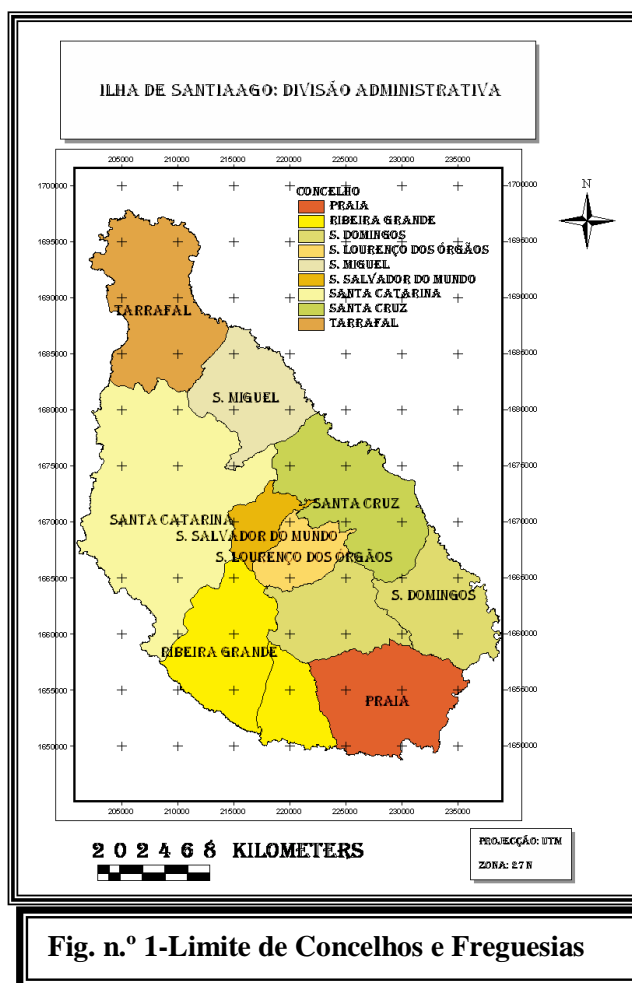
Santiago é a maior ilha de Cabo Verde, ocupando uma área emersa de 991Km<sup>2</sup>.

Caracteriza-se por uma forma adelgada na direcção Norte-Sul, com um comprimento máximo de 54,9 km entre a ponta Moreira, a Norte e a ponta Mulher Branca, a Sul, e uma largura máxima de 29Km entre a ponta Janela, a Oeste, e a ponta Praia Baixo, a Leste.

Na parte Norte da ilha existe um estrangulamento entre Chão Bom, a Oeste, e o Porto Formoso, a Este, da ordem dos 6 km.

Administrativamente a ilha de Santiago é constituída por uma população total de 234.940

habitantes distribuídas em nove (9) Concelhos e onze (11) freguesias, (Figura nº1 e Tabela nº1 das limitações dos concelhos e freguesias da ilha de Santiago). A Cidade da



**Fig. n.º 1-Limite de Concelhos e Freguesias**

Praia é a capital do País, onde se encontra residindo uma boa parte da população de Cabo Verde.

**Tabela n.º 1 – Distribuição dos Concelhos e das Freguesias**

Concelhos	Área superficial (km <sup>2</sup> )	Freguesias	N.º populacional			Total
			Ambos Sexos	Masculino	Feminino	
<b>Tarrafal</b>	112,4	Santo Amaro de Abade	17784	7904	9880	17784
<b>Santa Catarina</b>	214,2	Santa Catarina	40657	18415	22242	40657
<b>São Miguel</b>	90,7	São Miguel Arcanjo	16104	7114	8990	16104
<b>Santa Cruz</b>	109,8	São Tiago Maior	25184	11861	13323	25184
<b>São Domingos</b>	134,5	São Nicolau Tolentino	8715	4187	4528	13305
		Nossa Senhora da Luz	4590	2214	2376	
<b>Praia</b>	96,8	Nossa Senhora da Graça	97305	47019	50286	97305
<b>Ribeira Grande</b>	164,4	São João Baptista	4730	2169	2561	7713
		Santíssimo Nome de Jesus	2983	1447	1536	
<b>São Lourenço dos Órgãos</b>	39,5	São Lourenço dos Órgãos	7781	3667	4114	7781
<b>São Salvador do Mundo</b>	28,7	São Salvador do Mundo	9172	4148	5024	9172

Fonte: INE, Cabo Verde – Recenseamento Geral de População e Habitação, Censo 2000 – Atualizado em 2005.

## 1.2 - Aspectos Climatológicos

À semelhança do que acontece em todo o Arquipélago, a ilha de Santiago está enquadrada nos tipos de clima árido e semi-árido, com duas estações, a da seca ou das «brisas» que vai de Dezembro até Junho, e a estação das chuvas ou das «águas» que vai de Agosto até Outubro; os meses de Novembro e Julho são considerados de transição, podendo apresentar características da estação seca ou húmida, conforme for menor ou maior a duração anual das precipitações.

Das estações acima referidas a mais quente é a das águas que se verifica no período das chuvas e sobretudo quando este período é caracterizado por muita irregularidade, daí a ligação com a deslocação setentrional de frente seca e, a menos quente, geralmente a das brisas caracterizada nos períodos com predomínio de acção dos ventos de nordeste.

A influência do relevo e a sua exposição aos ventos dominantes faz com que haja uma grande variabilidade climática regional, nomeadamente a aridez no litoral, a humidade e vegetação nos pontos altos, vegetações nos pontos altos, precipitações na vertente oriental e escassez de humidade, na vertente ocidental.

A precipitação é muito irregular, podendo verificar casos de fraca ou nula precipitação, embora a humidade relativa atinge valores elevados.

O clima de Santiago é também condicionado pela sua Geomorfologia. Em consequência da altitude, nota-se, que à medida que se desloca para o interior da ilha, o clima do tipo árido da zona litoral, passa a semi-árido e, por fim, a sub-húmido. (Ilídio Amaral – Santiago de Cabo Verde – A Terra e os Homens).

Pode ainda verificar a presença de micro-climas, no interior de certas ribeiras, como por exemplo, as Ribeiras Principal, Boa Entrada e Picos.

As amplitudes térmicas são baixas, uma vez que a temperatura é praticamente uniforme durante quase todo o ano, sendo a média anual de 25°C.

O quadro nº2 mostra que a pluviosidade aumenta proporcionalmente com a altitude. Enquanto que nas áreas montanhosas centrais registam 400 a 700 mm/ano, nas áreas mais baixas registam-se apenas 100 a 200 mm/ ano.

**Tabela n.º 2 – Volume total da precipitação anual em cada uma das bacias hidrográficas.**

Bacias Hidrográficas	Volume total pluviométrico	Pluviosidade média
Bacia de Tarrafal (188Km²)	55,97 milhões de m³	270 mm
Bacia de Santa Cruz (355km²)	144,97 milhões de m³	330mm
Bacia de Santa Catarina (128km²)	33,20 milhões de m³	260mm
Bacia de São João Baptista (155km²)	28,48 milhões de m³	180mm
Bacia da Praia (179km²)	38,20 milhões de m³	210mm

**Fonte:** Estudo sobre o desenvolvimento da água subterrânea na ilha de Santiago, Relatório Final, Vol. I Sumário, Setembro de 1999, AJCI/INGHR.

***De acordo com a altitude, as zonas climáticas classificam-se em:***

✱ **Zonas Áridas** – situadas a uma altitude inferior aos 100 metros, em que as precipitações são inferiores do que 250 mm.

✱ **Zonas semi-áridas** – localizadas na faixa de 100 a 200 metros de altitude, registando precipitações entre 250 a 400 mm.

✱ **Zonas Sub-húmidas** – zonas de altitude acima de 200 metros e abaixo de 500 metros e de precipitações, que variam entre 400 a 500 mm.

✱ **Zonas húmidas** – situadas acima de 500 metros e precipitações superiores a 500 mm.

**Tabela n.º 3 – Classificação das zonas climáticas.**

<b>Zonas Climáticas</b>	<b>Altitudes</b>	<b>Precipitações</b>
Áridas	Inferior a 100	Inferior a 250
Semi – áridas	100 a 200	250 a 400
Sub – húmidas	200 a 500	400 a 500
Húmidas	Superior a 500	Superior a 500

Fonte – Amaral, I – Santiago de Cabo Verde, A Terra e os Homens, Lisboa, 1964

### **1.3. - Aspectos Geomorfológicos**

De acordo com Manuel Monteiro Marques (1990), na ilha de Santiago da República de Cabo Verde, consideram-se sete unidades Geomorfológicas, nomeadamente: **Achadas Meridionais (I); Maciço Montanhoso do Pico da Antónia (II); Planalto de Santa Catarina (III); Flanco Oriental (IV); Maciço Montanhoso da Malagueta (V); Tarrafal (VI) Flanco Ocidental (VII).** (figura 2 – *Grandes Unidades Geomorfológicas*).

A altitude média da ilha é de 278,5 m, sendo a altitude máxima de 1392m (Pico de Antónia).

A Sul destaca-se uma série de achadas escalonadas entre o nível do mar e 300 – 500 m de altitude.

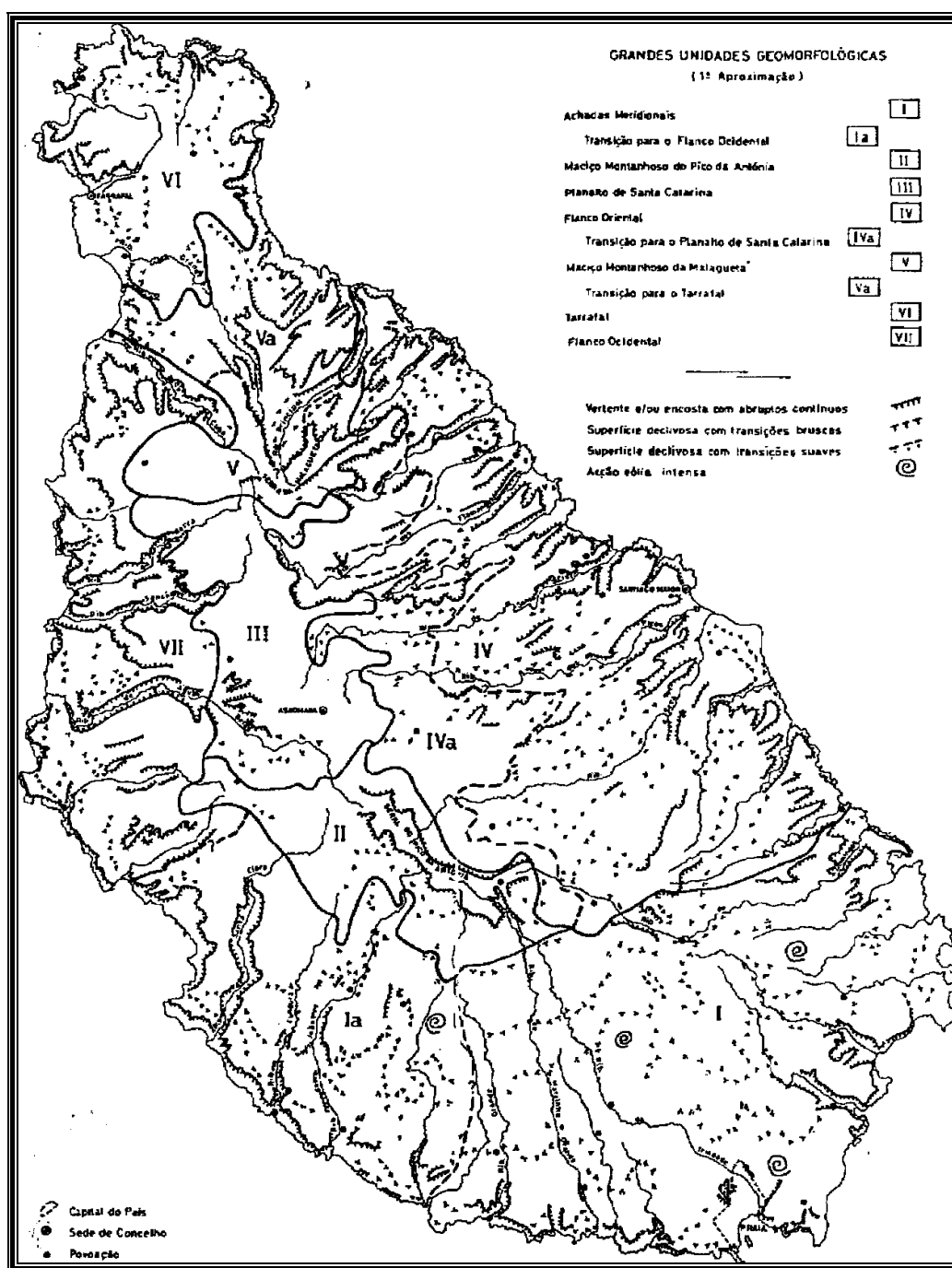
A Oeste, o litoral é normalmente escarpado e, a Leste, é baixo e constituído por achadas.

No centro da ilha localiza-se o extenso planalto de Santa Catarina, que se situa entre 400 e 600 m de altitude.

Limitando a Sul e a Norte aquele planalto erguem-se, respectivamente, os maciços montanhosos do Pico da Antónia e da Serra Malagueta, cujos cimos ultrapassam os 1000 metros.



Fig. 2 – Grandes Unidades Geomorfológicas.



Fonte – Garcia de Orta, Sér. Est. Agron., Lisboa, 17 (1-2), 1990, 19-29

A Oeste, o flanco do planalto de Santa Catarina é extremamente declivoso até ao mar; a Leste, o flanco Oriental inicia-se por encosta alcantiladas, mas os declives médios vão-se adoçando bastante até às achadas litorais.

No Norte da ilha, destaca-se o Tarrafal, extensa região de achadas cujas altitudes variam entre 20 e 300 m, que se desenvolvem a partir do sopé setentrional do maciço

montanhoso da Malagueta, devendo-se destacar a plataforma de Chão Bom, Tarrafal, cujas altitudes variam entre 0 a 20 m.

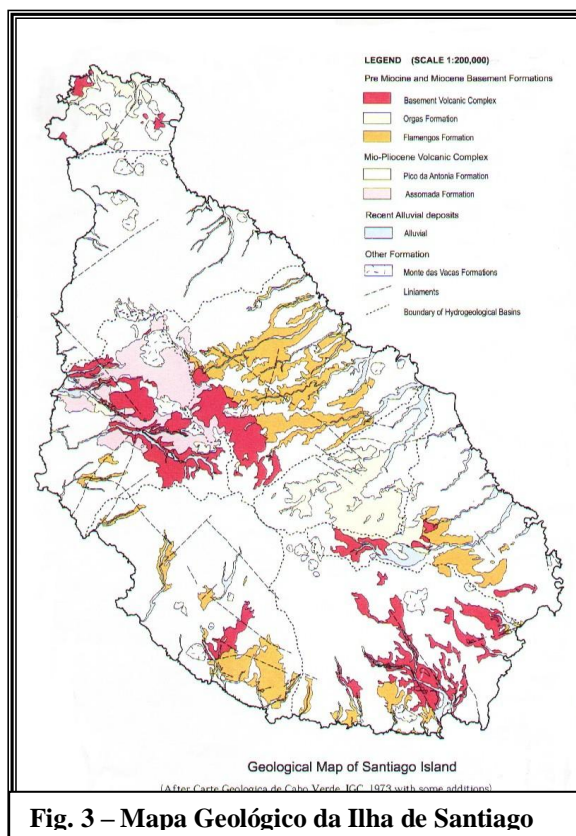
Neste relevo variado e bastante movimentado, insere-se uma rede hidrográfica de regime temporário relativamente densa e, na grande maioria dos casos, correndo em vales encaixados cujos talvegues apresentam perfil longitudinal torrencial.

Nesta paisagem sobressaem os troços terminais dos vales principais das bacias hidrográficas mais importantes cuja forma terminal em canhão é vulgar. Isto é fundamentalmente nos troços que cortam as achadas, tanto nos litorais como nas dos planaltos do interior da ilha. Esta forma de vale é devido à estrutura colunar que afecta as escoadas lávicas.

#### 1.4. - Aspectos Geológicos

A ilha de Santiago é formada quase na totalidade por formações eruptivas, com predominância de rochas basálticas e produtos piroclásticos (brechas, *lapilli*, tufo).

As rochas eruptivas deram origem a formações geológicas de idades diferenciadas. As mais antigas encontram-se em áreas desnudadas, com especial realce nos leitos das ribeiras. As rochas afaníticas ocupam a maior parte da ilha e as faneríticas pequenas áreas. Dentro das rochas afaníticas os produtos de origem explosiva têm pouca importância, caracterizados por derrame na maior parte.



**Fig. 3 – Mapa Geológico da Ilha de Santiago**

Os filões encontram-se por toda a ilha; todavia, é de realçar a sua presença na formação mais antiga da ilha (CA).

Em virtude de oscilação do nível do mar encontram-se derrames que se deram debaixo da água.

Caracterizando o aparecimento das diversas formações, pode-se afirmar que os derrames basálticos foram os primeiros a serem projectados. Em seguida, houve uma fase de rochas fonolíticas e traquíticas, formando chaminés, domas, *necks* e filões. A essa fase seguiu-se uma nova erupção de rochas basálticas.

As rochas calcárias que se podem observar foram depositadas sobre a parte litoral ocupada por rochas basálticas que se encontravam submersas.

Com posterior levantamento da ilha, houve actividade vulcânica manifestada pela presença de mantos basálticos que repousam sobre as rochas calcárias e de filões que as cortam.

As formações sedimentares não constituem elementos essenciais na geologia de Santiago. Contudo, têm muita importância, principalmente as marinhas, pelo facto de conterem fósseis.

Não se observam afloramentos das rochas metamórficas, observando – se ligeiras acções de metamorfismo de contacto.

#### ***1.4.1-Sequência Estratigráfica***

A partir dos trabalhos de António Serralheiro, estabeleceu-se a Sequência Estratigráfica da ilha de Santiago, da Formação mais antiga (1) à mais recente (7).

### **7- Formações Sedimentares Recentes**

Com as duas fácies, em que na marinha tem-se areias (*ap*) e cascalheiras da praia (*cp*), e a terrestre com aluviões, areias, dunas, depósitos de vertente e depósitos de enxurrada.

### **6- Formação do Monte das Vacas (MV)**

Formado por cones de piroclastos e escoadas lávicas associadas.

### 5- Formação de Assomada (A)

Possui somente a fácies terrestre com mantos e piroclastos basálticos intercalados.

### 4 – Complexo Eruptivo de Pico de Antónia (PA)

Apresenta as duas fácies, a terrestre, com piroclastos e escoadas intercaladas; mantos e alguns níveis de piroclastos Tufo – Brecha (TB); fonólitos, traquitos e rochas afins; série espessa de mantos e alguns níveis de piroclastos. A marinha, com conglomerados e calcarenitos fossilíferos, mantos basálticos superiores; conglomerados calcários e calcarenitos, mantos basálticos inferiores, conglomerados e calcarenitos fossilíferos.

### 3- Formação dos Órgãos (CB)

Apresenta as duas fácies, a marinha com conglomerados, calcários e calcarenitos fossilíferos, e a terrestre, com depósitos de enxurrada, tipo *lahar*, com mantos intercalados.

### 2- Formação dos Flamengos (λρ)

Possui apenas uma fácies, a marinha, com mantos, brechas e piroclastos.

### 1- Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA)

Que possui apenas fácies terrestre, constituída por fase lávica, basáltica (filões, chaminés e mantos); fonólitos traquitos (chaminé e filões) brechas profundas; rochas granulares, complexo filoniano de natureza basáltica.

**Tabela N.º4 – Sequência Estratigráfica da Ilha de Santiago**

Formação	Fácies Terrestre	Fácies Marinhas	Idade	
<b>Sedimentos Recentes</b>	Aluviões areias, dunas, depósitos de vertente e depósitos de enxurrada	Areias e cascalheiras da Praia	<i>Holocénico</i>	<b>Q u a t e r n á r</b>
<b>Formação de Monte das Vacas</b>	Terraços; cone de piroclastos e pequeno derrame associados	Níveis de Praia de 2m e 80m	<i>Plistocénio</i>	

				<b>i o i a</b>
<b>Assomada (A)</b>	Mantos e piroclastos basálticos			<b>T e r - c i á r i a</b>
<b>Complexo Eruptivo Principal (PA)</b>	E – Piroclastos e escoados D – mantos e alguns níveis de piroclastos C – tufo-brechas (TB) B – fonólitos, traquitos e rochas afins A – série espessa de mantos e alguns níveis de piroclastos	Conglomerados e calcarenitos fósseis. Mantos superiores. Conglomerados, calcários, calcarenitos; Mantos inferiores. Conglomerados e calcarenitos fossilíferos	<b>Pliocénico</b>	
<b>Órgãos (CB)</b>	Depósitos de enxurrada, tipo lahar com mantos intercalados	Conglomerados calcários, calcarenitos fossilíferos	<b>Miciocénico</b>	
<b>Flamengos</b>	.....	Mantos; brechas e piroclastos		
<b>Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA)</b>	-Fase lávica, basáltica (filões, chaminés, mantos) • Filões traquitos (chaminés e filões) Carbonatitos (pitões e filões) • Brechas profundas • Brechas granulares - Complexo filoniano de natureza basáltica		<b>Anti-Miciocénio</b>	

**Fonte:** Serralheiro, António – A Geologia da ilha de Santiago, Cabo Verde, Lisboa, 1976

### 1.5. - Aspectos Hidrogeológicos

A precipitação é a origem dos recursos hídricos. Toda a água utilizada, com excepção da água dessalinizada, tem a sua origem nas chuvas. Assim, os recursos hídricos subterrâneos e superficiais são alimentados pelas precipitações, embora a sua quantidade varia grandemente de um ano para outro. Dessas precipitações uma certa percentagem, ao interceptar-se com o solo e as folhas das árvores, evapora-se. A outra parte origina o escoamento superficial, atingindo o oceano através das redes hidrográficas; há infiltração de uma pequena percentagem de água através das fendas e

fracturas, até às rochas armazéns – **aquífero principal**. A evaporação também acontece ao longo do percurso, assim como, no oceano.

Hidrogeologicamente, as formações com maior interesse são as mais extensas e com maior espessura e que tem influência no movimento das águas (Custódio, E., 1975).

A exploração das águas superficiais é fraca devida á inexistência de dispositivos de captação e armazenamento.

Quanto às águas subterrâneas, a ilha de Santiago possui vários pontos de água (furos, poços e nascentes), dos quais se fazem exploração contínua, embora muitas vezes sem controlo adequado.

A formação do Complexo Eruptivo do Pico de Antónia constitui o principal aquífero da ilha de Santiago.

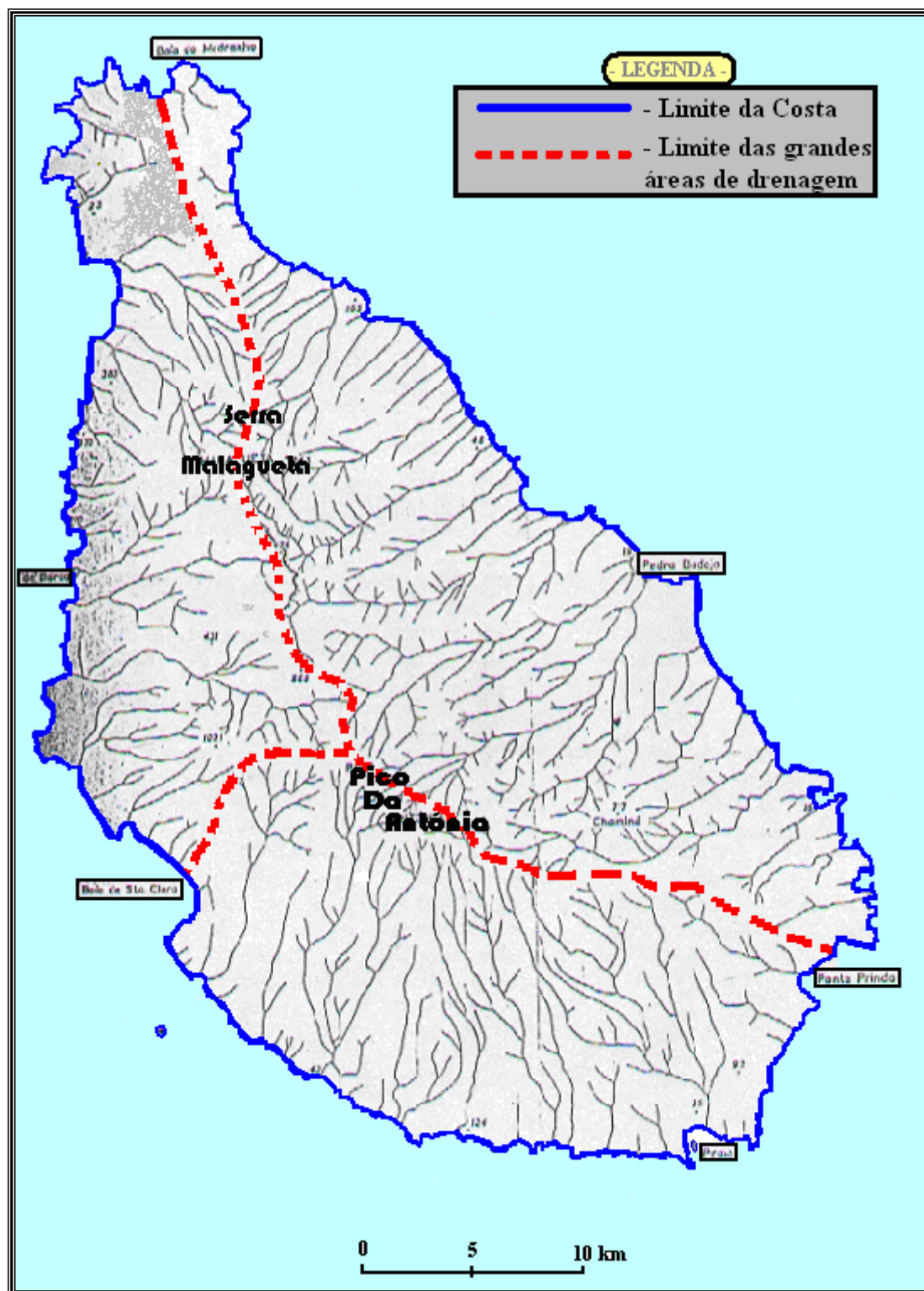
De acordo com a figura n.º 4 – mapa de rede hidrográfica da ilha de Santiago, pode observar-se três grandes áreas de drenagem definidas a partir de linhas tiradas do Pico de Antónia:

**1-** Linha que parte de Pico de Antónia para a baía do Medronho passando pela Quebrada.

**2-** Linha que parte do Pico de Antónia para a baía de Santa Clara, passando pela Achada Lagoa.

**3-** Linha que parte do Pico da Antónia para a Ponta Prinda, através de Pedra Branca e Ribeirão Chiqueiro.

Figura n.º 4 – Mapa da Rede Hidrográfica de Santiago.



Fonte – Santiago de Cabo Verde, A Terra e os Homens, Ilídio do Amaral, 1964.

**Tabela n.º 5 – Tabela dos principais pontos de água explorados**

CONCELHO	N.º DE NASCENTES	Q (M3/D)	N.º DE FUROS	Q (M3/D)	N.º DE POÇOS	Q (M3/D)
Tarrafal	158	1241	22	2528	64	1231
Sta. Catarina	405	10563	46	1125	85	2508
Sta. Cruz	153	2396	36	4493	170	9584
Praia/S. Domingos	216	9540	54	4911	260	1749
Total W	932	23740	158	13057	579	15072

Fonte: Sector dos Recursos Hídricos, diagnóstico Sectorial, INGRH, Abril 1997.

*Segundo a tabela n.º 5, as extracções efectivas de água devem atingir os 5000m<sup>3</sup>/d para Tarrafal, 14196m<sup>3</sup>/d para Santa Catarina, 16473m<sup>3</sup>/d para Santa Cruz, 16200m<sup>3</sup>/d para Praia/São Domingos, perfazendo para toda a ilha um total de 51869m<sup>3</sup>/d.*

### **1.5.1. - Unidades Hidrogeológicas**

Os trabalhos realizados de inventário de pontos de água, perfurações, ensaios de bombagem, equipamentos, exploração, gestão e controle hidrogeológico e características das formações geológicas permitiram estabelecer três grandes unidades hidrogeológicas (As principais Unidades Hidrogeológicas da ilha de Santiago- Alberto da Mota Gomes e colaboradores, Março de 2004).

#### ***1- Unidade de base***

Constituída pelo Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA), pela Formação dos Flamengos ( $\lambda\rho$ ) e pela Formação dos Órgãos (CB). Essas formações são caracterizadas por possuírem alto grau de alteração e, por conseguinte, a permeabilidade é relativamente baixa e, daí, a designação do substrato.

#### ***2- Unidade Intermédia***

Constituída pelo Complexo Eruptivo de Pico da Antónia. É formada essencialmente pelos mantos basálticos subaéreos, com intercalação de material piroclástico e mantos basáltico submarino.



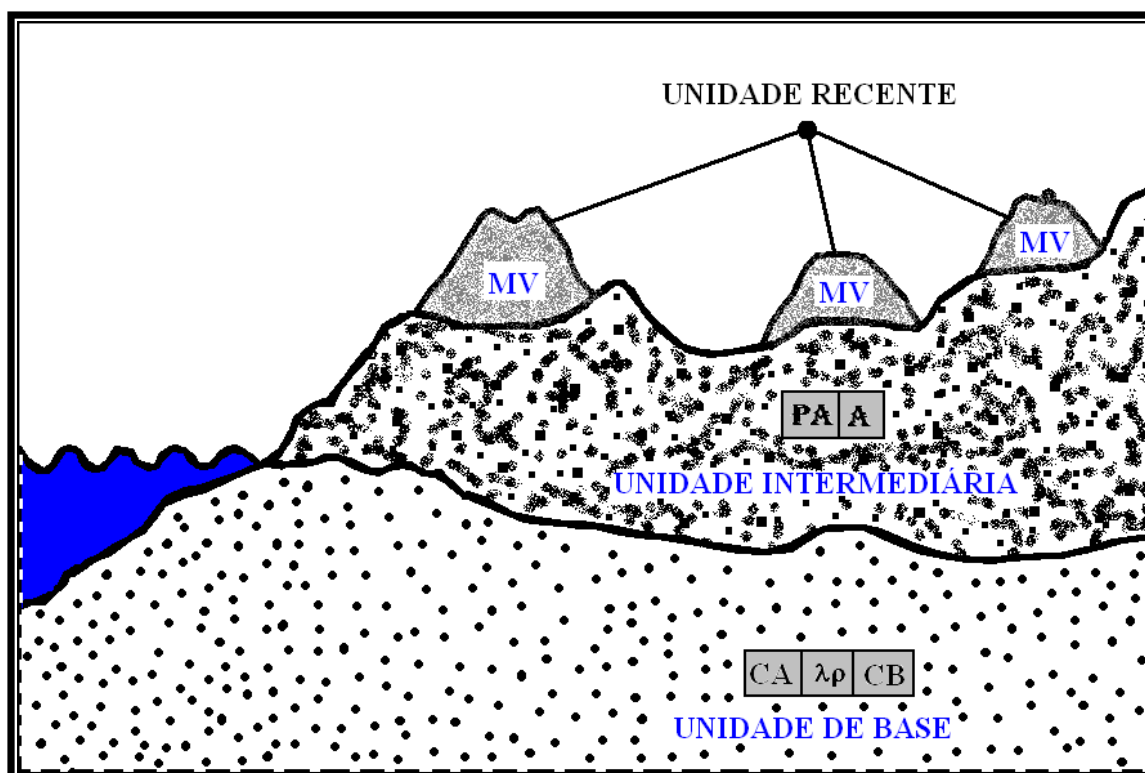
Essa é a formação mais extensa e mais espessa, possuindo um coeficiente de armazenamento relativamente elevado devido a fracturação, porosidade e permeabilidade muito superiores às de unidade de base, permitindo a circulação e movimento das águas constituindo, assim, o aquífero principal da ilha de Santiago. Possui melhor qualidade de água para as necessidades populacionais. Essa unidade integra também, Formação Geológica de Assomada.

### 3-Unidade Recente

Integra a formação de Monte das Vacas que é constituída por cones de piroclastos e, alguns derramem associados. Trata-se de uma unidade geológica muito permeável e que, por isso, não permite a retenção de água, que se dirige, privilegiadamente para o aquífero.

Costuma-se incluir as aluviões.

**Fig. 5 – Principais Unidades Hidrogeológicas da Ilha de Santiago**



Fonte: Alberto da Mota Gomes e António F. Lobo de Pina

## **CAPÍTULO II**

### **2. ENQUADRAMENTO DO CONCELHO DA PRAIA**

#### **2.1 - Caracterização geral da cidade da Praia**

Situado a Sul da ilha, o Município da Praia confronta-se a Norte e a Nordeste com o, Concelho de Santa Catarina, a Este com o Concelho de São Domingos e a Sul com o Oceano Atlântico.

O Município é composto essencialmente por rochas vulcânicas onde predomina o basalto. O Concelho da Praia apresenta uma topografia caracterizada pela presença de achadas e vales, sendo que os efeitos da erosão têm causado o surgimento de algumas colinas. O litoral Praiense é bastante recortado apresentando praias e enseadas como é o caso da zona da – Prainha.

Pela sua localização geográfica, o Município da Praia apresenta três extractos climáticos distintos, designadamente *áridos, áridos e sub-húmido*, vegetação e solos muito diferentes.

Segundo dados do censo de 2000, a população residente no Concelho da Praia atinge, os 104.953 habitantes, sendo 89,7% na Praia Urbano e apenas 10, 3 % na Praia Rural, o que evidencia a elevada concentração da população no espaço urbano. Quer para a Praia Urbano, quer para a Praia Rural, as mulheres figuram em maior número que os homens.

Grande parte dessa população é jovem, ou seja, situa-se na faixa etária dos zero aos vinte e nove anos.

As actividades económicas com maior expressão no Concelho da Praia são o comércio a grosso e a retalho associado à reparação de veículos automóveis, motociclos e de bens de uso doméstico, que empregam o maior número de pessoas, garantindo um total de 8.352 postos de trabalho, o que representa 26% do total dos empregos gerados.

A demanda da população é tanta que as autoridades locais estão a enfrentar uma série de dificuldades a nível social, económico, e muitos outros sem se-poder opor perante muitas situações nomeadamente construções clandestinas, invasão pelas águas das chuvas devido ao mau loteamento de aterros, desabamentos etc, tudo isso porque a cidade da Praia está servindo de amparo de todo o resto da população do país.

## 2.2 - Situação geográfica

O Concelho da Praia está localizado na parte sul da ilha de Santiago, com latitudes 14°53 e 15°04 norte e longitude 23°28'e23°43'a oeste de Greenwich (carta militar com coordenadas, na escala de 1/25000).

Praia limita-se, a norte pelo concelho de Santa Catarina, e, a, leste, pelos Concelhos de Santa Cruz e de São Domingos.

O concelho tem uma área de 281,2 km<sup>2</sup>, ocupa 7% de território nacional e a 23% da ilha.

Praia é o maior Concelho da ilha, com aproximadamente 104.953 habitantes (INE 2000). Encontra-se dividida em 3 freguesias, Nossa senhora da Graça, Santíssimo Nome de Jesus e São João Baptista. A freguesia de Nossa Senhora da Graça abrange maior número, com 97.240 mil habitantes (INE 2000).

## 2.3 - Aspectos climáticos

O clima do concelho da Praia é igual em relação ao arquipélago, pois também é caracterizado pela aridez, com duas estações bem definidas:

A estação seca ou “tempo das brisas” vai de Dezembro a Junho, e a estação das chuvas ou também “tempo das águas” que vai de Agosto a Outubro.

Os meses de Julho e Novembro são considerados de transição. De uma forma geral as temperaturas são moderadas ao longo do ano, sendo os meses mais frios com média de 22,6° C, e amplitude é ordem de 5°C.

Existe uma grande influência dos ventos alísios do nordeste, o alísio continental e o harmatão, provoca a “bruma seca” que tem graves consequências.

Quanto á precipitação são irregulares e podem apresentar com os seguintes aspectos:

As chuvas centram-se entre os meses de Agosto e Outubro, durante alguns dias do mês ou horas.

## 2.4 - Aspectos geomorfológicos

A Geomorfologia do concelho da Praia enquadra-se dentro da geomorfologia da ilha de Santiago, com vales planaltos ou achadas e elevações.

A noroeste do conselho, temos as seguintes elevações: Monte redondo (625m) Monte Belém (518m) e Monte volta com (382 m).

Ainda temos as ribeiras que nascem a partir das elevações são elas: Ribeira Fonte velha, ribeira de Santa Clara, ribeira Seca, ribeira de São João, e ribeira de Fundura.

Na parte norte destacamos as seguintes elevações: Monte das Vacas (200m). Originam as ribeiras de Forno, São Jorge e Laranjo.

As zonas planas situam-se no interior e no litoral, são elas: Achada Cocota, Mosquito, Curral, Salineiro, Lapa Cachorro, Palmarejo, Achada Grande, Achada Santo António, Eugénio Lima, Achada Mato, Ponta d'Água, Fundo, Fonte, Cidade velha.

## 2.5 - Aspectos geológicos

A geologia do concelho da Praia tem características e semelhanças à da geologia da ilha de Santiago.

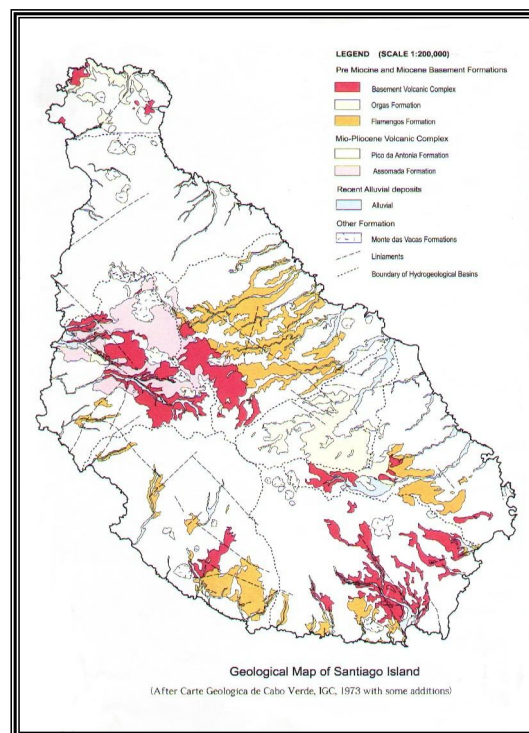
Segundo António Serralheiro a sequência vulcano-estratigráfico da ilha tem (7) formações geológicas, mas como a formação de Assomada é característico da Assomada existindo somente nesta região na cidade da Praia restam apenas (6) formações geológicas, são as que se seguem:

Das mais antigas (1) às mais recentes (6).

### 2.5.1 - Sequência vulcano-estratigrafico

#### 1 - Formação do complexo eruptivo interno

**antigo**, constituída por filões de ancaratritos e limburgitos, filões e chaminés de fotolito e rochas afim, Brechas intra-vulcanicos e carbonatitos Gabro, sienitos e rochas afins.



**2 - Formação dos flamengos**, constituídos por mantos submarinos de basalto, basanitos, limburgitos, ancaratritos.

**3 - Formação do complexo Conglomeráticos – Brechoides dos órgãos** constituídos por depósitos Conglomeráticos- Brechoides terrestre.

**4 - Formação do Complexo Eruptivo do Pico de Antónia**, constituída por séries expressas de mantos e piroclastos intercaladas, mantos submarinos superiores e mantos submarinos inferiores; Rochas traquifanolíticos, mantos e piroclastos intercalados; Piroclastos e mantos intercaladas. (Achada de Palmarejo, ASA, Lem Ferreira, Achada Grande Frente e Monte Filipe)

**5 - Formação do Monte das Vacas**, constituída por cones de piroclastos e pequeno derrame associados, escórias, lapilli, bombas e lavas encontram-se alternadas de cor vermelha (Monte das Vacas MV, Monte Belém, Monte Fundo).

**6 - Formação Sedimentares recente**, constituída por aluviões, areia e cascalheira da praia, depósito de vertente e depósito de enxurrada, dunas fósseis e níveis de praia (Ribeira de Calabaceira, São Martinho, Pensamento e São Pedro)

Formação	Fácies Terrestre	Fácies Marinhas	Idade	Q u a t e r n á r i a
Sedimentos Recentes	Aluviões, areias, dunas, depósitos de vertente e depósitos de enxurrada	Areias e cascalheiras da Praia	Holocénico	
Formação de Monte das Vacas	Terraços; cone de piroclastos e pequeno derrame associados	Níveis de Praia de 2m e 80m	Plistocénio	
Complexo Eruptivo Principal (PA)	E – Piroclastos e escoados D – mantos e alguns níveis de piroclastos C – tufo-brechas (TB) B – fonólitos, traquitos e rochas afins A – série espessa de mantos e alguns níveis de piroclastos	Conglomerados e calcarenitos fósseis. Mantos superiores. Conglomerados, calcários, calcarenitos; Mantos inferiores. Conglomerados e calcarenitos fossilíferos		
Órgãos	Depósitos de enxurrada,	Conglomerados		

(CB)	tipo lahar com mantos intercalados	calcários, calcarenitos fossilíferos	<b><i>Miciocénico</i></b>
Flamengos	.....	Mantos; brechas e piroclastos	
Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA)	-Fase lávica, basáltica (filões, chaminés, mantos) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filões traquitos (chaminés e filões)</li> <li>Carbonatitos (pitões e filões)</li> <li>• Brechas profundas</li> <li>• Brechas granulares</li> </ul> - Complexo filoniano de natureza basáltica		<b><i>Anti-Miciocénio</i></b>

**Fonte:** Serralheiro, António – A Geologia da ilha de Santiago, Cabo Verde, Lisboa, 1976

### **CAPÍTULO III**

## **3 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS SOLOS**

Este trabalho é de natureza investigativa, realçando bases científicas dentro da geologia.

A cidade da Praia está no seu auge de desenvolvimento, desta forma as mudanças são evidentes nos vários níveis, sendo assim as novas exigências da Capital tem suscitado a demanda dos Praienses.

Uma das áreas mais solicitadas é a da construção civil tendo em conta o elevado crescimento demográfico desta Cidade.

Por isso torna-se imprescindível o conhecimento do local onde se pretende construir, a sua geologia, geomorfologia, pedologia e principalmente o seu solo sua classificação e caracterização respectivamente.

Deste modo, é de extrema importância o conhecimento, a localização, a identificação, o comportamento deste solo para assim desenvolver um estudo aprofundado de forma a evitar e ou minimizar os prejuízos, constrangimentos e danos que podem causar numa obra.

Eis as razões pelas quais o pertinente tema foi escolhido, mas não só, pois ainda pouco se fez relativamente a esta área que é de uma importância extrema para uma cidade em crescimento como a nossa.

### **3.1 – Considerações sobre a utilização dos solos para a construção civil.**

O meio ambiente natural oferece-nos oportunidades e limitações, principalmente no que diz respeito ao desenvolvimento. As qualidades dos recursos duma determinada comunidade também nos ajuda a determinar quais são as áreas próprias para o desenvolvimento em termos de construção, quais as áreas a proteger tendo em conta o valor dos seus recursos considerando ainda os possíveis acidentes que podem provocar a população em geral por exemplo, os solos, bem como o escoamento superficial podem nos ajudar a identificar zonas próprias para as construções e zonas sem estas condições. Estas informações podem ser usadas na determinação ou uso apropriado de um determinado lugar. Assim, tomamos entre outros parâmetros as seguintes características naturais do meio: geologia, solos

e declive para melhor podermos avaliar os locais em termos de oportunidades de desenvolvimento e as suas limitações.

Os edifícios devem ser concebidos e executados de forma a garantirem a segurança aos utentes, embora estes princípios apresentem dificuldades por vários motivos. Sem pretender subestimar outros parâmetros vão dar-se ao longo deste trabalho atenção especial ao solo, sua profundidade, compactação, natureza do horizonte C que na engenharia civil é o mais importante pois é aí que se assentam as fundações para as mais variadas construções.

As exigências de segurança são de regulamentação apropriada.

Em Cabo Verde (salvo erro) regulamentos que dão uma resposta clara e concisa á problemas desta natureza “escolha e classificação de solos para as construções” de forma a se poder definir as situações mais desfavoráveis para tais fins não está muito assente. Por outro lado e principalmente nos arredores não existe um sistema organizacional da execução de uma obra. Mesmo fazendo um estudo dos solos não deverá ser dado tratamento uniforme às diferentes exigências de construção que possam aparecer.

Alguns terrenos são caracterizados pela existência de (nível freático) muito perto da superfície outros com aproximadamente (1 metro e meio a 2 metros) o que muito dificulta nas obras da engenharia civil, caso concreto temos a zona da várzea de companhia mas não só como também presume-se que todo a zona de várzea, chã de areia fazenda até ao ponte de vila nova antigamente foram pântanos.

Duas outras características do solo que podem limitar o potencial de desenvolvimento no que diz respeito a construção civil são: a textura e a alteração *in situ* revelado pela presença de argila.

**A pedologia** tem amplas relações com os ramos da ciência cujos domínios interferem na formação dos solos

**O solo, como corpo natural**, esta dependente dos seus factores formativos, uns activos, como clima e os organismos vivos, plantas e animais, e outros passivos os materiais originários e a topografia, sujeitos ao tempo, que é um importante factor da formação dos solos.



### 3.2 - O que são solos?

**Os solos** são, portanto unidades naturais individualizadas que no espaço e no tempo expressam nas suas características, a integração dos seus factores formativos ou pedogenéticos relacionados.

Na clássica equação de Dokuchaiev que conduziu Hans Jenny a procurar criar uma pedologia quântica o solo e os seus factores formativos estão representados na equação abaixo indicado.

$$S = f(c, o, r, m, t...)$$

**Em que:**

**t** – tempo

**c** – clima

**o** – organismos

**r** – topografia

**m** – material originário

### 3.3 - Classificação de solos segundo alguns países.

A classificação do solo é muito diversificado até ao ponto de cada país ter a sua própria classificação, embora sem muita margem de diferença, por isso em alguns casos encontra-se alguma.

Vejamos algumas classificações e os respectivos países:

#### 3.3.1 - Classificação Brasileira:

a) Latossolos;

b) Podzólicos;

c) Cambissolos;

d) Litossolos;

e) Gleis, e Solos aluviais;

f) Planossolos;

***Classes de solos que predominam:***

**Podzólicos, Cambissolos e Latossolos.**

Por definição, os **Latossolos** são solos muito intemperizados, que evidenciam, também, elevada perda de sílica e lixiviação de bases, sendo, portanto, bastante pobres em nutrientes. De forma geral, são perfis profundos, homogêneos, de boa drenagem, o que facilita os procedimentos da mecanização agrícola.

Os **Cambissolos** são solos pouco desenvolvidos e, por isso, apresentam alteração química e física em grau não muito avançado, porém suficiente para o desenvolvimento de cor ou de estrutura, sendo que a estrutura da rocha ou material parental não deve ocupar mais do que 50% de seu volume total. Assim, de modo geral, são solos passíveis de cultivo agro-silvo-pastoril.

Os **Podzólicos** formam uma classe bastante heterogênea, tendo em comum, porém, um aumento substancial do teor de argila em profundidade. A concentração de argila tende a acentuar a ocorrência de fluxos hídricos sub superficiais no solo, devido a maior dificuldade de infiltração vertical da água, tornando esses solos mais susceptíveis à erosão.

### **3.3.2 - A classificação Francesa.**

A **classificação francesa** de acordo com o livro «os solos da ilha de Santiago de F. Xavier de Faria» da qual fez parte o Prof. G. Albert, consideram a classe dos vertissolos uma das ordens de solos da classificação americana (7ª aproximação). A classificação dos vertissolos que ocorrem em Santiago prende-se portanto, ao conjunto de características que obedece a classificação dos vertissolos, à (7ª aproximação).

São solos argilosos com mais do que 30% de argila dominando as **argilas expansivas** do tipo 2:1 e consequente e elevada capacidade de troca catiónica.

Distinguem-se por terem um micro relevo característico – *gilguy* –, próprio das argilas negras tropicais, abrindo fendas devido à expansibilidade das argila e face à alternância de humedecimento e de secura, apresentando-se com superfícies polidas (*slickensides*) na face dos agregados, de estrutura prismática, particularmente nos horizontes subjacentes.

Ocorrem em climas variados sub-húmidos a árido mas normalmente sujeitos a securas sazonais e de saturação de água no solo com consequentes contracções e aberturas de fendas, e distribuem-se por variadas situações topográficas.

### 3.3.3 - A classificação da FAO/UNESCO (1968).

Considerando um ou outro caso específico, mas de importância relevante, os solos da ilha de Santiago em termos de associações de solos são os seguintes:

LITOSSOLOS (L)	-de materiais de alteração (argilas)
Litossolos éútricos (Le)	-de piroclastos
-de basalto e rochas afins;	Cambissolos líticos (Bt)
-de fonólitos e andesitos	-de basaltos ou rochas afins
	-de fonolitos e andesitos
REGOSSOLOS (R)	Cambissolos vérticos (Bv)
Regossolos pessamíticos (Rg)	Cambissolos cálcicos (Bc)
Regossolos de materiais piroclásticos (Rp)	
SOLOS REGÓLICOS (S)	XEROSSOLOS (X)
Solos rególicos do material piroclásticos (Sp)	Xerossolos háplicos (Xh)
	Xerossolos lúvicos (Xl)
	Xerossolos vérticos (Xv)
FLUVIOSSOLOS (J)	VERTISSOLOS (V)
Fluviossolos éútricos (Je)	Vertissolos pélicos (Vp)
-de origem coluvial	Vertissolos crómicos (Vc)
-de origem coluvial	
COLOVIOSSOLOS (C)	CASTANOZEMAS (K)
Coloviossolos éútricos (Cv)	Castanozemes háplicos (Kh)
-de depósitos de vertente	Castanozemes lúvico (Kl)
	Castanozemes vérticos (Kv)
CAMBISSOLOS	PHAOZEMES
Cambissolos éútricos (Be)	Phaozemes háprico (Hh)
-de rochas basálticas e afins	Phaozemes lúvico (H)
-de fonólitos e traquitos	

### **3.3.4 - A classificação Portuguesa**

A **classificação dos solos segundo norma Portuguesa** que por conseguinte é a mesma utilizada pelo Laboratório de Engenharia Civil de Cabo Verde (LEC) vem num quadro resume em anexo.

### **3.3.5 - A classificação segundo Faria. F. Xavier de – em «os solos de Santiago»**

Faria dividiu os solos de Santiago em cinco classes diferentes da seguinte forma:

#### **I – Solos incipientes – (A) C**

Litissolos

Regossolos

Aluviosolos

#### **II – Solos pouco evoluído – AC**

Litólicos

#### **III – Vertissolos A (B)C**

Sem subgrupo

#### **IV – Solos iso-húmicos**

Normais

Avermelhados

Vertissolicos

#### **V – Solos feruginósos**

Paraferalíticos vermelhos

Segundo Faria tiveram algumas dificuldades na classificação dos solos da ilha de Santiago e por conseguinte da cidade da Praia. Procurou-se seguir a classificação francesa utilizada pela secção de pedologia da O.R.S.T.M. organismo que tem larga experiência no domínio de dos estudos e classificação dos solos africanos nos solos nas regiões vizinhas de Cabo Verde

*Nesta classificação as unidades taxonómicas adaptadas são:*

**Classe, subclasse, grupo, subgrupo, família, séries.**

**Classe** – são grandes agrupamentos de solo feito com base em horizonte ou características cuja presença ou ausência são indicação essencial do desenvolvimento ou diferenciação de do perfil ou da natureza dos processos dominantes de formação do solo

**Subclasse** – são divisões da classe estabilidades com base nas características dos solos que se julgam mais importantes do ponto de vista genético.

**Grupo** – são divisões da subclasse, baseadas em características indicadoras de processo geneticamente menos importantes ou no caso de solos menos evoluídos, em condições climáticas significativas para a evolução pedogenética.

**Subgrupo** – são divisões do grupo que indicam o conceito central do grupo e as transições para outros grupos

**Famílias** – são subdivisões dos subgrupos baseadas principalmente na natureza litológica da rocha – mãe ou noutras características importantes comuns a várias séries.

**Séries** – São agrupamentos de solos que apresentam horizontes com características semelhantes que se distribuem igualmente ao longo do perfil e que se formaram a partir do mesmo material originário.

### 3.3.6 - Correlação de classificações dos solos

Ilha de Santiago. Correlação de classificações dos solos

FAO/UNESCO (1968)	FARIA (1970)	SOIL SURVEY STAFF, U.S.A. (1975)
<b>LITOSSOLOS</b> êutricos	<b>LITOSSOLOS</b>	<b>ENTISOLS</b> Lithic Torriorthents Lithic Xerorthents Lithic Troporthents
<b>REGOSSOLOS</b> psamíticos de piroclastos	<b>REGOSSOLOS</b> psamíticos	<b>ENTISOLS</b> Typic Torripsaments
<b>SOLOS REGÓLICOS</b> de tufos e piroclastos	-----	<b>INSEPTISOLS</b> Typic Vitrandepts
<b>FLUVISSOLOS</b>	<b>ALUVIOSSOLOS</b>	<b>ENTISOLS</b>

êutricos (aluviões)	<b>MODERNOS</b>	Typic Torrifluvents Typic Xerofluvents
<b>COLUVIOSSOLOS</b> Êutricos (depósitos de vertente)	-----	<b>ENTISOLS</b> Typic Torrifluvents Typic Xerorthents
<b>CAMBISSOLOS</b> Êutricos Líticos Vérticos Cálcicos	----- Solos litólicos Solos litólicos s. pardos subáridos vertissol. Idem, c/ crosta calcária	<b>INSEPTISOLS</b> Typic Eutropets Lithic Eutropets Vertic Eutropets Xerochrepets
<b>XEROSSOLOS</b> Háplicos Lúvicos  Vérticos	<b>SOLOS PARDOS SUBÁRIDOS</b> Normais, avermelhados  vertissólicos	<b>ARIDISOLS</b> Typic Camborthids Typic Haplargids Ustertic Haplargids Vertic Camborthids
<b>VERTISSOLOS</b> Crómicos Pélicos	-----	<b>VERTISOLS</b> Mollic Torrents Palleustolic Torrents
<b>CASTANOZEMES</b> Háplicos	<b>SOLOS CASTANHOS</b> Normais, avermelhados	<b>MOLLISOLS</b> Typic Haplustolls
<b>PHAEOZEMES</b> Háplicos lúvicos	-----	<b>MOLLISOLS</b> Typic Haplustolls Typic Argiudolls
-----	<b>SOLOS PARAFERRALÍTICOS</b>	

Garcia da Orta, Sér. Bot., Lisboa, 8 (1-2), 1986, 39-82)

### 3.4 - Caracterização de solos de Santiago segundo FAO/UNESCO (1968).

**Os Litossolos êutricos (Le)** são solos muito delgados (10 a 20 cm de espessura ou menos) sobre substrato consolidados de basaltos ou rochas afins e fonólitos ou traquitos, em geral com bastante material pedregoso ou cascalhamento e normalmente associados a afloramento rochosos;

**Os Regossolos (R)** são solos incipientes constituídos por materiais não consolidados e em geral de grande espessura efectiva. Relacionam-se com materiais não consolidados (areias de praia e piroclastos de cones vulcânicos).

**Os solos Rigólicos (S)** diferenciam-se dos rigossolos por apresentarem o horizonte superficial diferenciado (horizonte A), em geral de textura mais fina e mais escurecido, com uma espessura não inferior a 10/15 cm. Relacionam-se com os materiais piroclásticos e tufosos dos cones vulcânicos;

**Os Fluviosolos êutricos (Je)** de origem aluvionar, são de composição granulométrica muito variável, predominando as texturas médias (franco e franco-arenoso) e as grosseiras (arenoso-franco e arenoso), em geral com elevada percentagem de elementos grosseiros (saibro, cascalho e pedra miúda) e frequentemente com bastante pedregosidade (pedras, calhaus e blocos;

**Os Fluviosolos êutricos (Je)** de origem coluvionar, ocupando mais frequentemente em fundos de vales as situações topográficas que se identificam com terraços e outras acumulações salientes dos sopés de vertente, caracterizam-se também pela textura muito variável e pela elevada percentagem de elementos grosseiros e pedregosos. De salientar, todavia que são frequentes os casos de terraços recobertos por camadas mais ou menos espessas de materiais finos (limo e argila).

**Nos coluviosolos êutricos de vertente (Cv)**, englobam-se os solos relacionados com depósitos de vertente, em geral constituídos por uma mistura de materiais grosseiros (saibro, cascalho e pedra) e percentagem variável de elementos finos, mas normalmente reduzida;

**Cambissolos êutricos (Be)** são solos de texturas finas ou media (francos ou franco-argilosos), delgados a medianamente espessos com um horizonte Bc (horizonte câmbico) bem expresso e um horizonte de alteração da rocha mãe (horizonte C) razoavelmente desenvolvido;

**Os Cambissolos líticos (Bt)** são menos espessos que os Cambissolos êutricos, tendo horizonte Bc pouco desenvolvido (e também horizonte A) e daí verificar-se contacto lítico a pouca profundidade, em geral de rochas basálticas ou fonolíticas. Associam-se normalmente a afloramentos rochosos e é muito elevada a proporção de elementos pedregosos relacionando-se, a par dos Litossolos com áreas sujeitas à intensa actividade erosiva;

**Os Cambissolos vérticos (Bv)** são solos argilosos com características vérticas mas menos espessos do que os Vertissolos aos quais se associam nas superfícies de achadas. Em geral desenvolvem-se um horizonte B câmbico, o qual incorpora bastante material de alteração da rocha-mãe, caracterizando-se pela estrutura prismática dos horizontes;

**Os Cambissolos cálcicos (Bc)** são solos de texturas finas (franco-argilosos ou argilosos) originários de rocha mãe intensamente alteradas e com acumulações de calcário no material originário em geral delgados ou pouco espessos com representação reduzida;

**Os Xerossolos háplicos (Xh)** são solos de textura finos (argilo-limosos ou argilosos) em regra delgados ou pouco profundos (espessura compreendida entre 30 a 50 cm), pardos ou avermelhados, em regra estruturados;

**Os Xerossolos lúvicos (Xl)** são solos de textura fina (argilo-limosos ou argilosos), com boa estrutura e ligeira acumulação de argila no horizonte B, em geral mais espessos do que os Xerossolos háplicos (entre 40 e 70 cm de espessura);

**Os Xerossolos vérticos (Xv)** são solos de textura argilosa que em geral ocorre associados aos vertissolos não atingindo todavia a característica destes quanto ao desenvolvimento da estrutura, fendilhamento de espessura, com representação bastante reduzida;

**Os Vertissolos crômicos (Vc)** são solos argilosos relacionados com superfícies aplanadas mais especificamente áreas ligeiramente depressionárias, em relação de coloração acastanhada, com estrutura prismática grosseira, superfícies lisas e brilhantes entre os agregados e fendilhamento característico;

**Os Vertissolos pélicos (Vp)** são solos com características idênticas aos Vertissolos crômicos, mas de colorações escuras (pardos escuro a negro), com uma representação muito mais restrita, em geral relacionando se com pequenas áreas plano-côncavas;

**Os Castonozemes háplicos (Kh)**, são solos de texturas finas (franco-argilo-limosos, ou argilosos), medianamente espessos (30 a 50), de coloração acastanhada ou avermelhada, ais escurecidos, todavia os horizontes superficiais caracterizando-se pela sua boa estrutura (agregados anisoformes e angulosos e subangulósos, fortes) e teores relativamente elevados em matéria orgânica e ocorrência de nódulos ou concentrações cacarias nos horizontes inferiores;

**Os Phaeozemes háplicos (Hh)**, são solos de texturas finas (franco-argilo-limosos, argilo-limosos ou argilosos) medianamente espessos (30 a 50cm), de coloração pardo-escuro ou pardo-avermelhada escura no horizonte superficial, caracterizando-se por uma boa estrutura ao longo de perfil em agregados anisoformes angulosos e subangulosos, fortes, e teor relativamente elevado em matéria orgânica;



**Os Phaenosemes Lúvicos (HI)**, são solos de textura fina (franco-argilo-limosos ou argilosos) e relativamente espessos (50 a 80cm), que se relacionam em plena superfícies das achadas das zonas subhúmidas e húmida, com as áreas mais aplanadas, favoráveis a argiluviação e a um aumento do teor em matéria orgânica do horizonte superficial, que deste modo apresenta coloração pardacenta escura ou muito escura, caracterizando-se por uma boa estrutura (agregados granulosos no horizonte superficial e prismáticos médios e anisoformes, fortes no subsolo).

## CAPÍTULO IV

### 4 - ARGILAS EXPANSIVAS DA CIDADE DA PRAIA

#### 4.1 - ARGILAS O QUE SÃO?

São rochas consolidadas em que predomina o caulino podendo encontrar-se juntamente com ele, óxido de ferro, calcite sílica e alguns silicatos como micas. Os detritos que as constituem são de pequenas dimensões, mas da variação dessas dimensões resultam transições entre as argilas e os arenitos argilosos.

Quando humedecidas as argilas são mais ou menos plásticas e quando bafejadas cheiram o barro.

As argilas em que abundam óxidos de ferro constituem as ocras, utilizadas na pintura; com hematite dão a ocre vermelha e com o limozito a ocra amarela.

Outras variedades importantes das argilas são as argilas plásticas que formam com a água uma pasta moldável são a argila semítica que absorve substâncias gordas com intensidade pelo que é utilizada para tirar nódos de gorduras dos soalhos, com o nome de greda.

Misturadas com areias as argilas formam barros e com calcários margas.

Estas são utilizadas no fabrico de cal hidráulica e de cimentos.

Pela compressão resultante da acumulação das camadas, as argilas adquirem xistosidade. Se os planos de xistosidade são independentes dos planos de estratificação formam-se xisto argilosos que tomam o nome de Lousã ou ardósias quando são carbonosas. Se os planos de xistosidade são paralelos aos planos de estratificação formam-se argilas xistosas ou argilitos.

#### 4.2 - Os minerais de argila (sua génese)

Os minerais e argila têm muito em comum, as suas estruturas baseiam – se em estratos complexos formados a partir de componentes de catiões de coordenação tetraédrica e octaédrica, quimicamente todos são silicatos hidratados de Alumínio e Magnésio, por aquecimento perdem a água, e á temperaturas elevadas constituem minerais refractários.

### 4.3 - Hipóteses da sua génese.

São duas:

- Minerais não produzidos por síntese;
- Minerais produzidos por síntese a partir dos produtos de alteração

Segundo Nagelschmidt (1944) As rochas eruptivas não contêm Caulinite ou Montmorilonite, e a Mica é muito diferente da Illite, deste modo pode-se afirmar que os minerais de argila de solos derivados das rochas sedimentares são normalmente herdados da rocha mãe.

### 4.4 - Argilas Expansivas Sua Definição?

São solos que possuem a capacidade em absorver água.

As argilas expansivas são hidratáveis. Expandem-se com condições de água variáveis.

Se expandem quando absorvem a água, e encolhem quando secam.

A determinação da expansibilidade dos solos varia de país para país, a especificação utilizada no Laboratório de Engenharia Civil de Cabo Verde (LEC) é adaptada á especificação Portuguesa que de acordo com ela é considerado solo expansivo aquele que exhibe índice de expansibilidade superior a 8%.

As argilas expansivas são também chamados terras de barro ou ainda bentonite.

O termo bentonite é utilizado comercialmente para denominar a montmorilonite de sódio, que é um tipo de esmeclita.

A expansão e contracção de terra (solo) debaixo de uma estrutura tendem a mostrar tremenda pressão e tensão que causam dano estrutural severo.

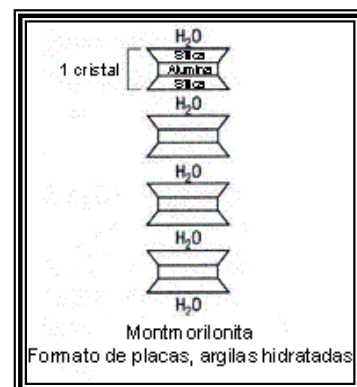
### 4.5 - Porquê as argilas expandem?

Os argilo-minerais dividem-se em vários grupos.

Possuem configuração de placas que alternam camadas de sílica e alumina. As diferentes proporções entre sílica e alumina definem os variados tipos de argila. O Grupo que tem propriedades em absorver água é o das esmeclitas.

As do tipo montmorilonite possuem grande quantidade de cargas eléctricas disponíveis para reagir com água.

Quando hidratadas têm as interfaces invadidas pela água que dilatam os espaços entre as folhas, dispersando-as em forma de massa plástica (**hidratação parcial**) ou solução em gel (**hidratação total**). Tal fenómeno provoca a expansão do volume inicial podendo chegar a mais de uma dezena de vezes.



#### 4.6 - Classificação das Argilas

- **Atapulgita ou Sepiolita**

Mineral agulhiforme que possui capacidade de desenvolver viscosidade com água de qualquer tipo (até do mar). Presença rara em formações argilosas.

- **Ilitas, Cloritas e Caolinitas**

Argilas laminadas abundantes nos folhelhos que sofrem pouca ou nenhuma hidratação.

- **Montmorilonites**

Argilas laminadas que possuem alto poder de hidratação comuns nos pacotes argilosos.

Na ordem de presença quantitativa em formações, podemos estabelecer a seguinte sequência: (1ª) Ilita, (2ª) Clorita, (3ª) Montmorilonite e (4ª) Caolinita.

Qualquer uma que faça parte da litologia perfurada, a tendência é que se incorpore ao fluido em quantidades variadas. Podemos dizer que somente a *montmorilonite* poderá desempenhar função benéfica – controle de filtração em formações permeáveis. As outras argilas serão classificadas como contaminantes.

Grupo	Estrutura Sílica: Alumina	Troca Catiônica	Distância Interatômica (Å)	Hidratação / Inchamento
<b>Caolinita</b>	1 : 1	Nenhuma	7,2	Nenhum
<b>Talco</b>	2 : 1	Nenhuma	9,3	Nenhum
<b>Esmectita</b>	2 : 1	Na <sup>+</sup> , Ca <sup>+2</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>+2</sup>	11 – 15	Variável

<b>Vermiculita</b>	2 : 1	$K^+, Mg^{+2}$	14 – 15	Variável
<b>Ilita</b>	2 : 1	$K^+$	10	Nenhum
<b>Mica</b>	2 : 1	$K^+$	10	Nenhum
<b>Clorita</b>	2 : 2	$Mg (OH)_2$	14	Nenhum
<b>Atapulgita</b>	2 : 1	Nenhuma	12	Nenhum

#### 4.7 - Suas utilizações.

As argilas estão entre as mais importantes matérias-primas devido às suas múltiplas funções industriais e não só. No caso especial da indústria de cerâmica, as argilas têm ampla utilidade, sendo o principal produto para a fabricação de louças, porcelanas, revestimentos, entre outros:

**Como lama de sondagens;**

**Catalizadores na indústria de petróleo;**

**Como inerte nos mais variados fabricos,**

**Indústria de cerâmica**

É de salientar que em Cabo Verde as argilas são benéficas somente no que concerne á indústria de cerâmica, mais concretamente no fabrico de potes bindes vasos etc. Quanto ás outras formas de utilização ainda nada se faz

No entanto ela tem o seu efeito perverso que surge com a sua expansibilidade, (inchaço), (expansão) fissurando paredes e levantando pavimentos

## **CAPÍTULO V**

### **5 - DESCRIÇÃO E COMENTÁRIOS DOS TRABALHOS DE CAMPO E DOS ENSAIOS LABORATORIAIS.**

As actividades processaram-se por etapas. Numa primeira fase, foi elaborado uma pesquisa e uma avaliação direccionada aos ensaios laboratoriais e estudos “in situ” feitos e adaptados ao tipo de terreno.

Posteriormente, numa segunda fase, foram desenvolvidas as seguintes actividades:

- Terminologia e simbologia mais usada em mecânica dos solos: E218, E219-1968 LNEC (Prospecção geotécnica de terrenos);
- Ensaaios para a caracterização do estado físico do solo: NP 84-1965 (SOLOS: determinação do teor em água);
- Ensaaios para a identificação dos solos: E195, E196-1966 LNEC (SOLOS: preparação por via seca de amostras para ensaios de identificação, e análise granulométrica respectivamente), E239-1970 LNEC (SOLOS: análise granulométrica por peneirarão húmida), NP 143 – 1969 (SOLOS: determinação dos limites de consistência); Ensaaios de compactação dos solos: E197-1966 LNEC (SOLOS: ensaio de compactação);
- Ensaaios para a classificação dos solos: E240-1970 LNEC (SOLOS: classificação para fins variados; classificação unificada de solos (ASTM D 2487-85);
- Sondagem penetrométrica, utilizando o Penetrómetro Dinâmico Ligeiro (PDL).

Numa última e terceira fase, foi feito a interpretação, análise e avaliação do terreno que foi estudado para a construção do loteamento habitacional

## 5.1 - COMENTÁRIOS DOS TRABALHOS DE CAMPO.

No primeiro dia da aula de campo reunimos no LEC cerca de 35 a 45 minutos planificando as possíveis areias de intervenção para apanhas de amostras de solos.

Decidiu-se abarcar cinco zonas da cidade da Praia de forma a circundar a cidade ou seja fazer um círculo dentro da mesma objectivando-se o estudo das argilas expansivas.

De seguida apanhamos a viatura para o reconhecimento do terreno onde íamos apanhar amostras, começámos pelo Pamarejo (Cidadela) depois duma boa averiguação deslocamo-nos para uma outra zona, Achada Santo António (INAG), a nossa terceira estação foi em Achada Grande Trás (perto da escola) posto isso fez-se mais dois estações Uma na Calabaceira outra Várzea. E voltamos depois de três horas de operação no campo.

No dia seguinte logo de manhã como estava combinado fomos preparar no LEC, socos para colocar amostras, pá, colher, papel caneta para identificar as amostras

Em duas horas apanhamos todos as amostras devidamente identificadas e etiquetadas e levamos para o laboratório onde ia dar início aos ensaios laboratoriais.

## 5.2 - DESCRIÇÃO E REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS.

### 5.2.1 - Ensaio “in situ”.

Para realização dos trabalhos, o LEC destaca sempre uma equipa para a realização de ensaios.

O ensaio “in situ” é feito com o penetrómetro dinâmico ligeiro (PDL) para a determinação da resistência do solo à rotura.

O ensaio “in situ” com o PDL consiste em fazer penetrar no solo um cone ligado a varas, que por sua vez estão ligadas na extremidade a um pilão que cai a uma altura de 50 cm, até produzir no terreno, um avanço de 10 cm. As características do PDL são as seguintes:

Alcance	10 m
Diâmetro do cone	30 mm
Diâmetro das varas	20 mm

Peso do (cone + espera + guia)	2,66 Kg f
Peso da vara de 1 m.	2,89 Kg f
Peso do pilão	10,053 Kg f
Altura de queda do pilão	50 cm
Intervalo de leitura	10 cm

Com o uso da fórmula abaixo indicada, pode-se calcular a resistência do terreno à ruptura:

$$R_r = n/a \times (M^2 \times h)/S (M + P)$$

**Onde:**

$R_r$  – resistência à ruptura do terreno

$n$  – número de pancadas para uma penetração de 10 cm

$a$  – intervalo de leitura (avanço do penetrômetro)

$M$  – peso do pilão

$P$  – Peso total da estaca (penetrômetro)

$h$  – altura de queda

$S$  – secção do cone

Com dados obtidos através desta fórmula será possível avaliar a resistência do solo qualitativamente em função de ter sido mais ou menos difícil a penetração do aparelho. Em anexo aparecem os valores da resistência mecânica calculada com base na fórmula acima referida e permite fazer a seguinte avaliação:

### 5.2.2 - Avaliação qualitativa do terreno

De 0 a 2 Kg/ cm<sup>2</sup> – – – – – mole ou brando

De 2 a 4 Kg/ cm<sup>2</sup> - - - - - menos mole



De 4 a 8 Kg/cm<sup>2</sup> - - - - - duro ou firme

De 8 a 12 Kg/cm<sup>2</sup> - - - - - muito duro

### 5.3 - ENSAIOS LABORATORIAIS.

Os ensaios laboratoriais são os que configuram a caracterização e a identificação dos solos e consistem na definição da sua composição granulométrica, na determinação dos limites de Atterberg, do peso específico dos grãos do solo, do teor de água e da expansibilidade linear. (ver mapa de resultados)

#### 5.3.1 - Análise granulométrica

A granulometria de um solo é a distribuição em percentagem ponderal expressa em peso, das partículas constituintes desse solo com tamanhos inferiores a determinadas dimensões.

Para determinação dessas dimensões utilizam-se o método da **peneiração** para as partículas com dimensões superiores a 0,074 milímetros e **sedimentação** para o material que passa no peneiro # 200ASTM (0,074mm,malha quadrada)

#### 5.3.2 - Sedimentação

A **sedimentação** é utilizada para a determinação da composição granulométrica das partículas finas e é um método que se baseia na aplicação da lei de Stocks que relaciona a velocidade  $V$  da queda de uma partícula no seio de um líquido com a sua dimensão

As análises granulométricas das amostras do solo recolhidas no terreno foram efectuadas de acordo com as especificações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal (LNEC), cuja designação LNEC – E 239 para análise granulométrica por peneiração húmida e é 196 por sedimentação.



### 5.3.3 - Limites de consistência

Os limites de consistência ou de Atterberg permitem estabelecer a fronteira entre os diferentes estados do solo em presença de água. Embora não se devam tomar com rigor matemáticos os valores (faixas e não pontos) que os ensaios laboratoriais apresentam por razões que se prendem com a metodologia na sua determinação, eles constituem informações muito úteis sobretudo quando conjugadas com as composições granulométricas e mineralógicas do solo

Este ensaio foi realizado através da norma portuguesa – NP – 143, para determinar os limites de liquidez e plasticidade, permitindo assim a determinação de índice de plasticidade.

### 5.3.4 - Peso específico dos grãos do solo

Peso específico dos grãos de um solo é o peso das partículas que ocupariam a unidade de volume, depois de excluídos os vazios. Para a determinação do peso específico de um solo, utilizamos a Norma Portuguesa NP – 83.

O peso específico das partículas do solo é, não só uma característica definidora da natureza desse solo como é um instrumento para os ensaios de sedimentação.

### 5.3.5 - Expansibilidade do solo

A expansibilidade do solo é o aumento de volume que esse solo sofre quando está em presença de água. Num clima como de Cabo Verde a variação é sazonal o aumento e retracção de volume é conforme a estação: É a das chuvas ou seca. É um dado muito importante porque é responsável pelas deformações (diferencias conforme a exposição) das fundações e dos pavimentos com implicações graves nas estruturas e, consequentemente nas ruínas dos edifícios.



O ensaio para a determinação da expansibilidade realiza-se através das especificações LNEC – 200, utilizado também em Cabo Verde. De acordo com essa especificação, é considerado solo expansivo, aquele que exhibe índice de expansibilidade superior a 8 %. Convém aqui que os ensaios sejam feitos sobre a partículas que passam no

peneiro #40ASTM pelo que se deve ter em conta a percentagem do solo que passa por esta malha.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSÕES E RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS NOS TERRENOS PARA IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS DAS DIFERENTES ZONAS DA CIDADE DA PRAIA.

#### 6 - Considerações sobre o meio físico da cidade da Praia

##### 6.1. - Morfologia

Segundo a carta de Zonagem Agro-Agrícola e da Vegetação de Cabo Verde Ilha de Santiago a cidade da Praia encontra – se nas abas B nos níveis II e III com os níveis superiores de altitude entre os 450 a 750 metros. Nas faixas sublitorânea inferior pertencentes às zonas climáticas semiárida, semiárida/subhúmida geomorfológicamente destacam – se os aspectos principais seguintes:

*As achadas*, que são as superfícies de feição planáltica, a baixa e média altitude, de relevo sensivelmente aplanado ou ondulado mais ou menos suave.

*As superfícies de encosta ou de vertente*, que das achadas e com inclinação sensivelmente constante conduzem aos topos da estrutura montanhosa da ilha;

*Os vales* das ribeiras que entalham profundamente as superfícies de encosta e das achadas;

*Os montes-colina* que se destacam na paisagem, típicos cones vulcânicos a testemunharem a última actividade vulcânica da ilha.

##### 6.1.2 - Geologia e Litologia.

Os materiais litológicos que afloram na cidade e que mais directamente influenciam a génese dos solos são essencialmente de origem vulcânica, de que há a destacar os seguintes:

- **Rochas de natureza basáltica** (basaltos basanitos e basanitoides), compactas e alveolares, em geral relacionados com alguns mantos subaéreos;

**-Rochas de natureza basáltica muito alteradas ou de fácil alteração**, relacionadas em geral com derrames e mantos submarinos;

**-Rochas fonolíticas e traquíticas** resultantes de derrames subaéreos, em geral relacionados com domas e chaminés vulcânicas;

**Sedimentos de fácies terrestre e marinho**, de tipo conglomerático-brechoide, englobados na formação dos Órgãos;

**-Materiais de fácies tufosos, tufo-brechoide ou piroclástico**, aflorando em áreas restritas;

**-Materiais extrusivos acumulados em cones vulcânicos**, compreendendo piroclástos, escórias e pequenos derrames;

**Complexo filoniano de natureza essencialmente basáltica** (Complexo eruptivo interno antigo);

**Reduzidas manchas de rochas granulares**, compreendendo sienitos, feldspatos e rochas gabroicas (Complexo eruptivo interno antigo);

**Aluviões e coluviões** englobando as baixas e os terraços fluviais, as dunas e os depósitos de vertente ou de enxurrada.

Em semelhança com a ilha de Santiago na cidade da Praia predomina as rochas basálticas e produtos piroclásticos (**tufos, lapili, brechas**)

Os filões encontram-se por toda a cidade, sendo a sua presença bem evidenciada no Complexo Eruptivo Interno Antigo (C. A)

De acordo com António Serralheiro in “ A geologia da ilha de Santiago”esta formação deu-se a partir de uma actividade exclusivamente **submarina extrusiva** com três focos principais.

O mesmo autor estabeleceu a sequencia vulcano-estratigráfico da ilha onde pode-se adaptar o mesmo para cidade da Praia exceptuando a formação de Assomada que **só existe localmente na Assomada.**

Segundo a carta de Zonagem Agro-Agrícola e da Vegetação de Cabo Verde Ilha de Santiago a cidade da Praia encontra – se nas abas B nos níveis II e III com os níveis superiores de altitude entre os 450 a 750 metros. Nas faixas sublitorânea inferior pertencentes às zonas climáticas semiárida, semiárida/subhúmida

No mesmo contexto fez – se um enquadramento dessas zonas relativamente aos solos.

Deste modo tem-se:

### **Zonas semiárida e semiárida / subhúmida**

Nestas zonas encontram-se:

#### **Vales**

Nos fundos – Fluviossolos êutricos (Je), de origem aluvial

#### **Vertentes –**

Coluviossolos de vertentes (Cv) e Litossolos (L); afloramentos rochosos

#### **Achadas**

Xerossolos áplicos (Xh); e Castonozemes háplicos (Kh); vertissolos (V); e Xerossolos vérticos (Xv).

#### **Superfícies de encosta**

Cambissolos eutricos (Be); Cambissolos líticos (Bt) e Litossolos (L); Castonozemes háplicos (Kh).

#### **Relevos movimentados**

Cambissolos eutricos (Be) e Litossolos (L); afloramentos rochosos

#### **Cones vulcânicos**

Solos rególicos de piroclastos (Sp); Cambissolos eutricos (Be) de tufos e piroclastos

## ***6.2 Locais onde foram realizados os estudos.***

### **6.2.1 - Achada grande frente**

O terreno fica numa **achada** que, são plataforma de abrasão marinha, normalmente constituído por rochas basálticas recentes do tipo PA – Complexo Eruptivo do Pico da Antónia. Os solos desta formação são normalmente residuais e constituem uma camada de superfície pouco espessa.

A drenagem no local faz-se no sentido E-W e N-S e não constitui problema.

Da análise dos resultados e da observação feita aos poços abertos confirma-se que a homogeneidade superficial transmite também em profundidade. Verifica-se a existência de uma camada de superfície cuja espessura tem uma dimensão média de cerca de um metro com uma variação de (20-30 cm) Esta camada de cor acastanhada com tonalidade que vão do castanho claro (amarelo) a castanho avermelhado

Depois da camada de superfície encontra – se um basalto vacuolar com alguma fragmentação mas constituindo um solo muito duro.

A parte superficial é francamente má não devido a sua resistência mas porque apresenta uma expansibilidade muito elevada percentagem do material que passa no # 40 ASTM sobre o qual é feito o ensaio de expansibilidade não é desprezável pois é superior a um terço do total

Embora as fundações não se assentem sobre esse material, deve-se ter muito cuidado de o remover ou loteá-lo devido a sua acção nefasta nos pavimentos

### **6.2.2 - Calabaceira**

O terreno situa-se na margem de uma ribeira a ribeira de trindade de perfil em U onde fora feitos trabalhos de correcção torrencial e na margem direita da ribeira de Safende, os solos são de origem aluvionar, trata-se de um terreno que se alaga aquando das chuvas que normalmente galgam os muros de protecção torrencial que lhes confere alguma segurança delimitando o leito e quebrando o ímpeto das águas.

A drenagem no local faz-se no sentido Norte – Sul para a ribeira de trindade que corre no sentido W-E.

No laboratório a análise do solo mostra-nos a ausência dos elementos plásticos confirmando a homogeneidade do terreno. Os finos, em muito pouca quantidade, não são expansivos.

É significativa a consistência do terreno parecendo boa.

Contudo a drenagem deve ser cuidada, porque o terreno alaga-se, devido a grande proximidade das duas ribeiras, mas sobretudo da ribeira de trindade, que é de maior caudal na época das chuvas, e levam alguns dias até a secagem. As fundações podem ser assentes em material aluvionar que a cerca de um metro de profundidade apresenta boa consistência.

### **6.2.3 - Achada Santo António**

Da análise dos resultados e da observação feita nos poços abertos, verifica-se que a homogeneidade superficial se transmite também em profundidade, esta camada tem uma espessura que varia entre 25 a 35 centímetros, ela é de cor acastanhada com tonalidades que vão do castanho claro a castanho vermelho, logo a seguir a esta camada encontra-se um basalto vacuoloso bastante duro constituindo uma camada desolo muito duro, situado a partir de 1,20 metros de profundidade.

A parte superficial é francamente má, não devido a sua resistência mas porque apresenta uma grande índice de expansibilidade, embora as fundações não se assentem sobre esse material, deve-se ter o cuidado de o remover ou loteá-lo devido a sua acção destruidora nos pavimentos.

No que concerne aos ensaios laboratoriais foram realizadas as análises granulométricas das amostras do solo, onde verificou um elevado índice de expansibilidade, podendo no entanto classificar o solo de **Siltes orgânicos e suas misturas com argila de baixa plasticidade** e de **Areias argilosas e misturas de areia e argila mal graduadas**.

### **6.2.4 - Achadinha**

Este terreno situa-se numa encosta e apresenta uma topografia muito irregular, cujo desnível é de quase dois metros são constituídos na sua maioria por aterro com fraca



compactação. O material de empréstimo tem um aspecto esbranquiçado e o material originário é de cor castanho avermelhado.

No que diz respeito á identificação e caracterização do solo trata-se de um material de granulometria extensa e mal graduada – **areias argilosas e mistura de areia e argila, mal graduada e com apreciável quantidade de finos.**

É de salientar que verifica-se nas características do solo uma quantidade de argila, exibindo uma elevada expansibilidade nos materiais finos existentes, facto que chamamos atenção para medidas de preocupação no momento de construção.

#### **6.2.5 - Plateau.**

Petrograficamente este terreno é constituído pelo (PA) com aspecto castanho avermelhado e devidamente consolidado

Referente à identificação e caracterização do solo trata-se de um material de granulometria extensa e bem graduada – **areias e misturas de areia e seixo, bem graduados e com poucos finos**

Embora não seja preocupante, dada a sua pouca quantidade de argila verificadas nas características das amostras do seu solo, nota-se uma tendência para a expansibilidade nos materiais finos existentes.

#### **6.2.6 - Achada São Filipe**

O terreno acima referido tem uma topografia bastante regular. Sob o ponto de vista geotécnico é formado por um solo relativamente homogéneo, que se situa abaixo da camada de terra cuja espessura oscila entre os 20 a 40 centímetro de profundidade

Após a sua sua identificação e caracterização respectivamente das amostras do solo constataram que esse solo é essencialmente **mistura de Seixos, Siltes, areias e Argilas.**

Normalmente estes materiais apresentam granulometria extensas e mal graduadas e embora possuam pouca percentagem da argila, estas revelam um **elevadíssimo grau de expansibilidade.**

## **7 - Importância do estudo dos solos expansivos (argilas) para obras de engenharia civil.**

A ocupação de uma área pelo homem deve ser precedida de um estudo prévio do solo. Os solos destinados a construção necessitam igualmente desta pesquisa de forma a estruturar melhor as nossas exigências funcionais, principalmente no respeitante à economia de utilização e organização do espaço físico, na busca de uma paisagem mais propícia às actividades e necessidades humanas.

O ordenamento por imperativos de ordem demográfica, deve contemplar de forma coerente as diferentes alternativas possíveis no uso do solo, analisando e seleccionando não só as necessidades de ordem urbanística, agronómica como também, florestal, recreativa ou algum tipo de combinação destas varias alternativas.

## **8 - As áreas onde as argilas expansivas podem ser encontradas na cidade da Praia.**

De acordo com os relatórios dos estudos dos solos feito nos terrenos para construção elaborado pelo Laboratório de Engenharia Civil de Cabo Verde (LEC) no **Departamento de Geotecnia** nos últimos anos com a solicitação de várias entidades requisitantes, efectivaram-se estudos de solos nas zonas de: **Palmarejo; Achada Santo Atónio; Várzea da Companhia; Achada grande Frente; Achada Grande Trás; Achada São Filipe; Calabaceira Bela Vista; Achadinha; Plateau** entre outros caracterizando os ensaios bem como dando uma ideia sucinta da geologia da cidade da Praia como forma entender a natureza dos solos desta cidade.

## **9 - Os riscos e a vulnerabilidade que as argilas expansivas apresentam na cidade da praia**

**Risco** – é dano ou perda estimada em consequência da acção de um Perigo sobre um bem a preservar, seja a vida humana, os bens económicos, ou os valores ambientais.

$$R = P \times V \times C.$$

*Donde:*

**P** – é a perigosidade dos processos considerados,

**V** – é a vulnerabilidade dos elementos expostos a acção dos processos e

**C** – é o custo dos valores dos mesmos.

**Vulnerabilidade** – é o grau de perda de um determinado elemento de risco (humanos, económicos, estruturais ou ambientais) quando exposto a um fenómeno natural e expressa-se probabilisticamente entre 0 e 1.

## **10 - As principais zonas de riscos e/ou de vulnerabilidades da Cidade da Praia**

*Achada Santo Atónio, Várzea da Companhia, Achada grande Frente, Achada Grande Trás, Achada São Filipe; Calabaceira, Tira chapéu, Bela Vista, Achadinha, Plateau, Terra branca*

*E todas as zonas de encosta por causa dos aterros, das enxurradas e dos depósitos.*

Por possuírem uma elevada índice de expansibilidade de acordo com os estudos feitos pelo Laboratório de Engenharia Civil de Cabo Verde (LEC). Mas além disso pode verificar as argilas expansivas nas terras de barros que pisamos principalmente na época das chuvas em diferentes zonas desta cidade.

## **11 - Os prejuízos que as argilas expansivas podem causar nas construções civis e outros.**

A expansão e contracção de terra (solo) debaixo de uma estrutura tendem a mostrar tremenda pressão e tensão que causam danos estruturais severos. Em alguns casos, foram encontradas:

- Calçadas inteiramente erguidas;
- Asfaltos e ruas rasgados e com distorções sem precedentes;
- Desabamentos de casas e pontes;
- Fissuras nas paredes e nos pavimentos;
- Outras estruturas danificadas severamente;

## **12. Medidas preventivas a serem tomadas em relação á expansibilidade das argilas com vista a melhoraria na qualidade e segurança, das obras.**

- ☞ Uma inspecção boa provida por um perito no campo é uma condição prévia para iniciar qualquer obra.
- ☞ Consulte com um Engenheiro Estrutural para conselhos e alojamentos correctos de como cada estrutura deve ser alicerçado dividido às suas características de construção e só assim prosseguir os trabalhos.

- ☞ A manutenção preventiva simples e barata grandemente pode reduzir a probabilidade de problemas associada com terras expansivas
- ☞ Uma chave para tal manutenção é manter o conteúdo de humidade da terra tão constante quanto possível

### 13. Legislação sobre solos

Relativamente a legislação onde poder-se ia enquadrar os solos não foi encontrado mais do que um **Anteprojecto da lei dos solos** POR CARLOS VEIGA, GERALDO ALMEIDA E RUI ARAÚJO onde consta que a matéria da conservação do solo encontra se fundamentalmente no decreto número 40040 de 20 de Janeiro de 55 (B.O, de 19 de Março de 55). Na altura era o único diploma sobre solos que insere a sua gestão numa perspectiva globalizante da protecção da Natureza

O diploma abre enunciando o princípio de que a protecção do solo constitui um dever de todos (pessoas e serviços).

É o terceiro capítulo que regula especificamente a protecção do solo em que segundo o diploma em apreço compreende o (artigo 10º)

- ✧ A prevenção e luta contra a erosão;
- ✧ Defesa contra o deslocamento de areia;
- ✧ Conservação e melhoria do revestimento vegetal do solo;
- ✧ Utilização racional do solo de modo a não prejudicar a sua produtividade;
- ✧ Conservação e correcção de dos depósitos e cursos de água.

## CONCLUSÃO

Quero deixar bem patente, a minha satisfação em escolher e trabalhar este pertinente tema que só depois de começar o trabalho dei por mim da grandiosidade e importância do mesmo.

Os solos são, portanto unidades naturais individualizadas que no espaço e no tempo expressam nas suas características, a integração dos seus factores formativos ou pedogenéticos relacionados segundo pedólogos Norte Americanos.

**As argilas expansivas** como solos que são, interagindo com os seus factores relacionados que podem ser benéficas ou danosas são de extrema importância, no nosso país ela é positiva no que tange à cerâmica, porem ela é muito danosa no que diz respeito às suas expansibilidades fissurando paredes e pavimentos.

Pelo humedecimento e face a expansibilidade, dá-se uma dilatação entre as suas massas de solo separadas provocando micro-relevos, por isso deparamos muitas vezes nesta cidade com fendas nas paredes danos nos pavimentos com custos avultados

Sendo assim a abordagem que se fez dos solos da cidade da Praia neste trabalho conclui – se o seguinte:

- Na cidade da Praia não há um estudo pormenorizado ou aprofundado dos solos em si nem das argilas expansivas;
- Há uma falta de conhecimentos relativamente aos solos pelas pessoas que com ela trabalha directa ou indirectamente e não só no que diz respeito principalmente à sua expansibilidade dos mesmos;
- Não se faz o uso sustentável dos solos desta cidade uma vez que as construções clandestinas têm sido um fenómeno sem controlo das autoridades competentes impossibilitando-lhes fazer algo no sentido de reverter a situação;
- As autoridades competentes desta cidade não fazem ideia da grande importância que o solo tem para o desenvolvimento desta região, tanto a nível do ordenamento do território, como da drenagem superficial ou aterros sanitários, por outro lado não conseguem constatar os prejuízos avultados que as argilas expansivas podem causar, isto é, eles não tem a noção de que as argilas podem ser benéficas mas também muito danosas

- Em quase todas as zonas da cidade existe um grande índice de expansibilidade dos solos o que torna um tanto quanto perigoso para as obras da capital;
- Para a maioria das obras de engenharia civil aqui da capital não se fez um estudo prévio do solo;
- Há um laboratório de engenharia civil em Cabo Verde que é as (LEC) mas raras são as vezes que esta é solicitada para fazer um ou outro estudo do terreno identificando e caracterizando o solo;
- Pouco se fez sobre o estudo dos solos na cidade da Praia razão pela qual se desconhece os solos da capital e consequentemente os seus respectivos comportamentos e efeitos nefastos como é o caso das argilas;
- A utilização dos solos nesta cidade está sendo feita de forma descontrolada e desorganizada de uma maneira geral sem levar em conta a questão de sustentabilidade;
- Relativamente ao enquadramento jurídico-legislativo existe um anteprojecto muito antigo que está ultrapassado precisando urgentemente de ser renovado e reciclado criando diplomas concisas que abordem a problemática dos solos duma maneira geral desde o seu estudo, a sua utilização até a sua ocupação.

## RECOMENDAÇÕES

★ As autoridades competentes responsáveis devem velar pela criação ou renovação das leis do solo desenvolvendo políticas e medidas rigorosas, estabelecendo leis e decretos no sentido de proteger esse património que é de toda a nação;

★ Fiscalizar rigorosamente o uso do solo e o cumprimento das recomendações e medidas propostas no âmbito da sua ocupação e utilização sustentavelmente;

★ Desenvolver campanhas para evitar o uso inadequado do solo agredindo – a desnecessariamente, prejudicando gravemente o ambiente e a nação;

★ Investir no estudo e desenvolvimento da pesquisa e conhecimento dos solos de forma a ter bases científicas para por cobro á eventuais situações desagradáveis.

★ Enumerar um leque de medidas a serem tomadas em relação a expansibilidade dos solos como forma a dar mais segurança ás construções desta Cidade e não só;

★ Requerer ao Laboratório de Engenharia Civil de Cabo Verde (LEC) sempre um estudo prévio de qualquer que seja terreno onde se pretende construir uma obra, com vista a melhoraria, a qualidade e a segurança, das mesmas.

★ Recomenda-se ainda que seria bom que se fizesse sempre um estudo prévio dos terrenos no sentido de remover ou lotear as argilas expansivas antes antes de começar qualquer que seja uma construção;

★ Dar mais importância ao Laboratório de Engenharia Civil de Cabo Verde (LEC) como sendo a única instituição do estado preparada para fazer trabalhos da caracterização e identificação dos solos; actualmente em Cabo Verde.



★ Como diz o velho ditado prevenir é melhor do que remediar, ou ainda seguro morreu de velho, isso é uma boa verdade uma vez que relativamente às argilas expansivas para os terrenos argilosos o melhor seria tirar o material local no caso argilas expansivas e colocar material de empréstimo para depois ser compactado e dar continuidade ao trabalho

★ Investir nos equipamentos laboratoriais inovando-as de forma a acompanhar os avanços tecnológicos na construção civil, ao mesmo tempo promover a formação de quadros na área de forma a colmatar algumas lacunas.

## **BIBLIOGRAFIA**

CORREIA, António Gomes – **Ensaio para controlo de terraplanagens**, Lisboa  
1980

BEIRA INTERIOR, Universidade da – **Mecânica dos solos I** (Elementos de  
apoio às aulas práticas de laboratório 2003/2004)

GOMES L.M. Ferreira – **Departamento de Engenharia Civil (Fundações)**,  
Covilhã Fevereiro de 1997

FERNANDES Manuel de Matos – **Mecânica dos Solos (vol.I)** FEUP, 1994,  
reimpressão Abril de 1999)

A. CASTANHEIRA DINIZ E G. CARDOSO DE MATOS **Carta de Zonagem  
Agro-Ecológica e da vegetação de Cabo Verde I – Ilha de Santiago** Lisboa  
1986

LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL DE CABO VERDE  
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA (**estudo e caracterização dos terrenos**).

Nas zonas de:

Palmarejo Achada Santo Atónio; Várzea da Companhia; Achada grande Frente; Achada  
Grande Trás; Achada São Filipe; Calabaceira Bela Vista; Achadinha; Plateau.

VEIGA CARLOS, ALMEIDA GERALDO, ARAÚJO RUI – **Anteprojecto da Lei dos Solos**

J. O. MENDES DE CARVALHO e REGLA V. AMORÓS HERNANDEZ – **Alguns  
Aspectos a ter em conta na utilização de solos para construção civil** – Outubro de 1992

F. XAVIER DE FARIA – **Os solos da ilha de Santiago** – Lisboa 1970

J. M. BASTOS DE MACEDO e M. A. – MONTEIRO DE LEMOS – **Introdução ao estudo da génese dos minerais da argila** – Lisboa 1961

A. GONÇALVES DA CUNHA e SOUSA CLEMENTINO MELO DE – **Compêndio de geologia II volume**

W. A. DEER, R. A. HOWIE, J. ZUSMAN – **Minerais constituintes das rochas. Uma introdução.**

[www.google.com.br/unicamp/argilas expansivas](http://www.google.com.br/unicamp/argilas%20expansivas)



**Instalação do Laboratório de Engenharia de CV**



**Material peneirado por via seca**



**Amostras para a determinação de limite de plasticidade**



**Provetas com os materiais para a sedimentação da parte mais fina**



**Ensaio de expansibilidade do solo (Deflectómetro)**

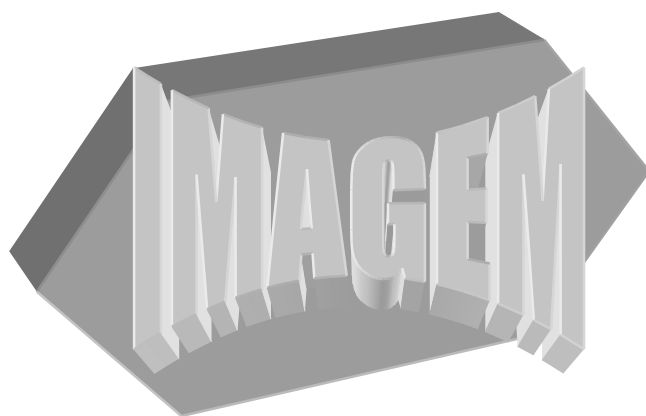


**Conchas de casa grande (Limite de Liquidez)**



**Peneiros com malha quadrada**





TABELA